



Ana Cláudia Maia Caria Rodrigues Pádua

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Inovação Sistemática Aplicada à Rastreabilidade Metrológica na Saúde

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Vítorovna
Guitiss Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL
Coorientadora: Doutora Maria do Céu Lopes de Sousa
Ferreira, IPQ



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março 2016

**INOVAÇÃO SISTEMÁTICA APLICADA À RASTREABILIDADE METROLÓGICA NA
ÁREA DA SAÚDE**

©2015 Ana Cláudia Maia Caria Rodrigues Pádua

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Copyright

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas, pela orientação da presente dissertação e por todo o conhecimento transmitido.

Agradecer à Doutora Maria do Céu Ferreira, pela oportunidade de associar-me ao Instituto Português da Qualidade e por todo o apoio prestado e todo o conhecimento transmitido que foi fundamental para o tema da minha dissertação.

Aos meus grandes amigos únicos e especiais, João Evangelista, Tânia Souza, Ana Gaspar, Teresa Relvas, David Miguel.

Ao meu namorado Henrique Marques, por todo o apoio, compreensão e partilha de felicidade para conseguir alcançar o meu objetivo.

Aos meus colegas de gabinete Dione Guimarães, David Pinto e João Martins, pelos dias bem passados no IPQ e por tudo que aturaram.

Aos meus pais, Júlia e Jorge, por todo o apoio e felicidade que me proporcionaram ao longo da minha vida e por possibilitarem este meu percurso académico.

E por fim dedico este trabalho a todas as pessoas que contribuíram e contribuem para a minha felicidade e que foram importantes para alcançar os meus objetivos, que muitas delas já mencionei.

RESUMO

Com a evolução tecnológica e a crescente competitividade nos mercados, a inovação torna-se um conceito da atualidade, promovendo a utilização de metodologias inovadoras.

No seguimento desta tendência, o Instituto Português da Qualidade (IPQ) nas últimas décadas desenvolveu esforços significativos em busca do aumento da eficiência e eficácia dos procedimentos internos, através da aplicação de novas abordagens. Assim, o Departamento de Metrologia Legal do IPQ constatou várias lacunas no campo da Metrologia na Saúde, procurando novas abordagens e metodologias para a sua resolução. A maioria dos diagnósticos são fundamentados nos resultados dos instrumentos de medição, servindo de base para as decisões clínicas, podendo influenciar o quotidiano dos cidadãos. Na generalidade dos instrumentos de medição, não existe uma verificação metrológica obrigatória, pelo que o acesso à avaliação das suas condições de desempenho metrológico torna-se uma tarefa dificultada. Neste âmbito surgiu um tema de estágio, que serviu de base para a presente dissertação.

A Teoria da Resolução Criativa de Problemas, mais conhecida pelo seu acrónimo TRIZ tem por objetivo auxiliar a elaboração de soluções, onde a simples aplicação de “boas práticas” tradicionalmente aplicadas não produz resultados assinaláveis.

Relacionando a Metodologia TRIZ com as áreas da Metrologia e da Saúde, foram aplicadas algumas ferramentas analíticas da TRIZ, como a Matriz de Contradições, a Análise Substância-Campo e a Matriz da Idealidade, com o objetivo de identificar contradições e situações problemáticas existentes no sistema e elaborar soluções mais criativas para a resolução dos mesmos. Com as ferramentas utilizadas é sugerida a utilização da tecnologia RFID em que é avaliado as suas principais características, vantagens e limitações.

As soluções propostas vão permitir agilizar o processo de intervenções metrológicas em instrumentos de medição na saúde, reduzir o erro associado às medições, aumentando a qualidade de diagnóstico. Também são esperados efeitos positivos na produtividade e eficiência dos laboratórios, redução de custos associados e uma melhoria na gestão de equipamentos por parte dos Centros de Cuidados Médicos.

Palavras-chave: Inovação Sistemática, TRIZ, Instrumentos de Medição, Controlo Metrológico, Rastreabilidade, *RFID*

Abstract

With technological developments and the growing competitiveness in the markets, innovation becomes a concept today, promoting the use of innovative methodologies. Following this trend, the Portuguese Institute for Quality (IPQ) in recent decades has made significant efforts towards increasing the efficiency and effectiveness of internal procedures, by applying new approaches. Thus, the Department of Legal Metrology of IPQ found several gaps in the field of metrology in health, looking for new approaches and methodologies for its resolution. Most diagnoses are based on the results of measuring instruments, providing the basis for clinical decisions and may influence the daily lives of citizens. In most measuring instruments, there is no mandatory metrological verification, so access to assessment of their metrological performance conditions becomes a difficult task. In this context it emerged a stage theme, which served as the basis for this dissertation.

The Theory of Creative Problem Solving, better known by its acronym TRIZ, aims to assist the development of solutions where the simple application of "good practice" traditionally applied does not produce noticeable results.

Relating the TRIZ methodology in the areas of metrology and Health, some analytical of TRIZ tools have been applied, as Contradictions Matrix, Substance-Field Analysis and Matrix Ideality, with the aim of identifying contradictions and problematic situations in the system and develop more creative solutions to solving them. With the tools used is suggested the use of RFID technology that is evaluated its main characteristics, advantages and limitations.

The proposed solutions will allow expedite the process of metrological intervention in measuring instruments in health, reduce the error associated with measurements, increasing the quality of diagnosis. They are also expected positive effects on productivity and efficiency of laboratories, reducing associated costs and an improvement in the management of equipment by the Health Care Centers.

Keywords: Systematic Innovation, TRIZ, Measuring instruments, Metrology in Health, Traceability, RFID

Índice

1.	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Objetivos da Dissertação	1
1.2	Estrutura da Dissertação	2
2	Metrologia.....	3
2.1	Introdução à Metrologia	3
2.2	Sistema Português da Qualidade (SPQ)	5
2.3	Instituto Português da Qualidade (IPQ)	6
2.4	Vertentes da Metrologia	7
2.5	Metrologia na Saúde	11
3	Inovação Sistemática	15
3.1	Introdução à Metodologia TRIZ	15
3.1.1	Níveis de Inovação e Conceitos Essenciais da TRIZ.....	17
3.1.2	Ferramentas Fundamentais da TRIZ	21
3.1.2.1	Princípios de Invenção e Matriz das Contradições.....	22
3.1.2.2	Análise Substância-Campo (<i>Sufield</i>)	23
3.1.2.3	Matriz da Idealidade.....	29
3.1.2.4	Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ)	31
4	Tecnologia RFID	35
4.1	Definição e Funcionamento dos Sistemas RFID	35
4.1.1	Etiqueta (<i>Transponder</i> ou <i>TAG</i>)	36
4.1.2	Leitor RFID (<i>Transceiver</i>)	37
4.1.3	Antena e <i>Software</i> de Gestão	38
4.2	A Segurança nos Sistemas RFID	39
4.3	Utilização de Tecnologia RFID na Saúde	40
5	Análise da Situação Atual e Propostas de Melhoria	41
5.1	Identificação de Problemas.....	41
5.2	Propostas de Melhoria	41
6	Análise e Discussão de Resultados.....	54
7	Conclusões.....	61
	Referências Bibliográficas	63
	Anexos.....	65

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Resumo das três Vertentes da Metrologia	7
Figura 2.2 - Relação entre o Intervalo de Aceitação e o Intervalo de Tolerância	9
Figura 3.1 – Esquema Simplificado da Metodologia TRIZ	16
Figura 3.2 – Ciclo de Vida de um Sistema	20
Figura 3.3 - Sistema Completo	24
Figura 3.4 - Sistema Incompleto	25
Figura 3.5 - Sistema Completo Insuficiente	25
Figura 3.6 - Sistema Completo Prejudicial	26
Figura 3.7 - Solução Geral 1	27
Figura 3.8 - Solução Geral 2	27
Figura 3.9 - Solução Geral 3	27
Figura 3.10 - Solução Geral 4	28
Figura 3.11 - Solução Geral 5	28
Figura 3.12 - Solução Geral 6	28
Figura 3.13 - Solução Geral 7	29
Figura 3.14 - Método Resumido do ARIZ	31
Figura 4.1 - Sistema RFID	36
Figura 4.2 – Composição Básica da Etiqueta RFID	36
Figura 4.3 - Exemplos de Leitores RFID	38
Figura 5.1 – Sistema Incompleto Atual	46
Figura 5.2 – Sistema Incompleto e Respectiva Solução	47
Figura 5.3 – Sistema Insuficiente e Respectiva Solução 1	47
Figura 5.4 – Sistema Insuficiente e Respectiva Solução 2	48
Figura 5.5 – Sistema Insuficiente e Respectiva Solução 3	48
Figura 5.6 - Sistema Prejudicial e Respectiva Solução	49
Figura 6.1 - Fluxograma do Procedimento de Intervenção Metrológica	55
Figura 6.2 - Esquema de Funcionamento em Rede	56
Figura 6.3 - Atenuadores de RF	59

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Níveis de Inovação	17
Tabela 3.2 - Parâmetros Técnicos Segundo TRIZ.....	22
Tabela 3.3 - Princípios de Invenção Segundo TRIZ	23
Tabela 3.4 - Simbologia Utilizada na Análise Substância-Campo.....	24
Tabela 3.5 – Classificação das Soluções-Padrão.....	26
Tabela 3.6 - Matriz da Idealidade de uma Embalagem Desdobrável	30
Tabela 4.1 - Avaliação de Parâmetros da Tecnologia de Código de Barras e RFID	35
Tabela 5.1 – Matriz das Contradições de Intervenções Metrológicas	42
Tabela 5.2 – Matriz da Idealidade das Intervenções Metrológicas.....	50

Abreviaturas

ARIZ	Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas
ASC	Análise Substância-Campo
BIPM	Bureau Internacional de Pesos e Medidas
CCM	Centros de Cuidados Médicos
EMC	Eletromagnétic Compatibility
EMI	Eletromagnétic Interferences
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IFCC	Organização Internacional de Normalização
ILAC	Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios
IM	Instrumentos de Medição
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISO	Organização Internacional de Normalização
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
OIML	Organização Internacional de Metrologia Legal
RFID	Identificação por Radiofrequência
SPQ	Sistema Português da Qualidade
TRIZ	Teoria da Resolução Inventiva de Problemas
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia

1. Introdução

Este capítulo contém uma abordagem ao tema da dissertação “Inovação Sistemática aplicada à Rastreabilidade Metrológica na área da Saúde”, assim expondo para o efeito o enquadramento, os objetivos e a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento e Objetivos da Dissertação

No mundo atual verifica-se uma crescente inovação na tecnologia utilizada nas organizações, existindo a necessidade de implementação de metodologias inovadoras que têm como objetivo principal a diferenciação dos seus principais concorrentes de mercado, motivando a criatividade dos funcionários. Acompanhando este ciclo de crescimento na inovação, destacam-se os instrumentos médicos de medição que servem de auxílio no diagnóstico médico, existindo um gradual número de medições de parâmetros fisiológicos, tornando-os mais complexos.

Por outro lado tem-se uma área de grande importância para a sociedade, a Metrologia, que engloba aspetos práticos e teóricos da medição, que são necessários para garantir práticas seguras de comércio e a proteção de consumidor.

Na Saúde, os instrumentos de medição medem parâmetros fisiológicos que servem de base para diagnósticos de doenças e consequente tratamento, tendo em conta que as decisões clínicas baseadas nesses mesmos resultados influenciam o quotidiano da sociedade.

O problema que engloba as áreas da Metrologia e da Saúde é referente à quase inexistência de regulamentação para o controlo metrológico legal dos equipamentos médicos com função de medição, tendo como exceções os instrumentos de pesagem não automática e instrumentos de radiações ionizantes. Facto este que o total desconhecimento de erros associados aos resultados medidos, faz com que haja a aplicação de terapêuticas e procedimentos inadequados, pondo em causa a saúde e segurança dos cidadãos.

A tecnologia RFID, Identificação por Radiofrequência, é utilizada para identificar, rastrear e gerir produtos, pessoas ou até documentos, sem ser necessário o contacto visual. Na atualidade é vista como um método para culminar outras tecnologias como o código de barras, que não atende a todas as necessidades, podendo ser utilizada em conjunto com outro método de identificação.

A presente dissertação foi elaborada no âmbito de um estágio curricular realizado no Instituto Português da Qualidade, IPQ. O principal objetivo é propor soluções através das ferramentas da Metodologia TRIZ, utilizando a Matriz das Contradições, a Análise Substância-Campo e por fim a Matriz da Idealidade. Uma das soluções amplamente avaliada é a utilização da tecnologia RFID na monitorização de intervenções metrológicas, na saúde.

1.2 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é composta pelos seguintes capítulos:

1. Introdução;
2. Metrologia;
3. Inovação Sistemática;
4. Tecnologia RFID;
5. Análise do Sistema Atual e Propostas de Melhoria;
6. Discussão e Análise de Resultados;
7. Conclusões.

No **capítulo 1, Introdução**, encontram-se descrito o enquadramento, os objetivos da presente dissertação e a sua estruturação.

No **capítulo 2, Metrologia**, faz-se uma abordagem ao tema Metrologia, abordando a sua história, dando principal destaque ao IPQ - Instituto Português da Qualidade, SPQ – Sistema Português da Qualidade, as vertentes da Metrologia e análise do estado da mesma no setor da saúde.

No **capítulo 3, Inovação Sistemática**, é realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema Inovação Sistemática, mais concretamente a Metodologia TRIZ os seus conceitos fundamentais e principais ferramentas.

No **capítulo 4, Tecnologia RFID**, é feita uma revisão bibliográfica na utilização da Tecnologia RFID.

No **capítulo 5, Análise da Situação Atual e Proposta de Melhorias**, em que se descreve os problemas existentes. Com a aplicação das ferramentas da Metodologia TRIZ, através da Matriz das Contradições, da Análise Substancia-Campo e da Matriz da Idealidade, propondo soluções de melhoria para o problema detetado.

No **capítulo 6, Análise e Discussão de Resultados**, são avaliadas as propostas de melhoria em resposta às situações problemáticas referidas no capítulo anterior, analisando o seu funcionamento e possíveis vantagens e limitações das suas aplicações.

No **capítulo 7, Conclusões**, é realizada uma análise global à dissertação e sugeridas algumas aplicações futuras.

2 Metrologia

Neste capítulo, é feita uma introdução à Metrologia, abordando um pouco da sua história dando especial ênfase ao Instituto Português da Qualidade (IPQ) e ao Sistema Português da Qualidade (SPQ). Abordando também as vertentes da Metrologia dando maior importância à Metrologia Legal em especial ao controlo metrológico.

2.1 Introdução à Metrologia

A Metrologia e o Homem já têm uma relação desde os tempos antigos, pois nos tempos dos primatas já existia de facto, quer de forma consciente ou intencional, a atividade humana de medir, utilizando instrumentos rudimentares, como varas e paus, comparando sempre com um valor de referência.

A definição de Metrologia ao longo da sua evolução tem sofrido um processo agitado. Visto que na opinião de alguns entendidos definiam-na como um domínio dos conhecimentos relativos à medição, existem outros que definem-na como um conjunto de técnicas que auxiliavam a instrumentação (Sousa, 2010).

A título de curiosidade, existiu por tempos a preocupação de governadores em uniformizar as unidades de medida de forma a permitir a utilização universal. Posto isto começaram a ser empregues padrões relacionados com o corpo humano, como pés, braças ou mesmo polegadas, contudo existe o fator negativo de esses padrões serem de diferentes dimensões. Então a solução arranjada foi a de estipular como padrão o chefe de tribo, faraó ou rei, contudo mesmo assim existiam grandes diferenças de unidades referentes ao mesmo padrão (Sousa, 2010).

Em Portugal, ficaram definidas as unidades de medida, na lei de Almeirim, publicada por D. Sebastião em 1575, tendo em conta já conceitos como a rastreabilidade, calibração e comparação. A grande evolução deu-se na revolução Francesa, quando foi desenvolvido o sistema métrico no século XVIII, sendo que a definição da unidade Metro era baseada numa grandeza geográfica (Sousa, 2010).

Com o passar do tempo, verificou-se a grande importância da Metrologia em todas as áreas de atuação permitindo rigor e confiança nos resultados das medições, para proveito da sociedade em geral. Devido ao grande interesse da Metrologia, foram dados a conhecer os termos e conceitos desta ciência através do VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia- com a contribuição de algumas organizações internacionais tais como Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), a Federação Internacional de Química Clínica e Medicina Laboratorial (IFCC), a Organização Internacional de Normalização (ISO), a Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios (ILAC), a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), a Organização Internacional da Metrologia Legal (OIML), entre outros. O VIM consiste num documento internacional de referência para o conhecimento e

harmonização dos termos e definições aplicados nas três vertentes da metrologia. Em Portugal a última edição deste documento foi em 2012 (CS,2015).

Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), Metrologia é definida como “a ciência da medição e suas aplicações, englobando todos os seus aspetos teóricos e práticos da medição seja qual for a sua incerteza e aplicação”. Sendo uma ciência que permite equiparar características de produtos ou serviços, contribuindo para a inovação tecnológica, para um maior competitividade e para o desenvolvimento científico e industrial dos países.

Quando é referido o conceito de Metrologia, tem de se ter em conta que é um dos parâmetros que deve estar relacionado e englobado na Qualidade do produto/serviço, por ser demasiado importante, pois determina aprovação do instrumento de medição e verifica se o mesmo está apto para ser utilizado ou não (Ferreira, 2013).

Para o desenvolvimento desta dissertação é necessário ter em conta alguns conceitos de grande importância relacionados com a Metrologia, nomeadamente (VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia, 2012):

Medição consiste num processo experimental dum ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza.

NOTA 1: A medição não se aplica a propriedades qualitativas.

NOTA 2: A medição implica a comparação de grandezas ou a contagem de entidades.

NOTA 3: A medição pressupõe uma descrição da grandeza que seja compatível com o uso pretendido dum resultado de medição, segundo um procedimento de medição e com um sistema de medição calibrado que opera de acordo com o procedimento de medição especificado, incluindo as condições de medição.

Exatidão de Medição é o grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro duma mensuranda (grandeza a medir),

Incerteza de Medição é um parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a uma mensuranda, com base nas informações utilizadas. Esta é representada na forma dum desvio-padrão.

A **Calibração** é uma operação que estabelece, sob condições especificadas, num primeiro passo, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; num segundo passo, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação.

A **Rastreabilidade Metrológica** consiste na propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e

documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição. A rastreabilidade metrológica requer uma hierarquia de calibração estabelecida.

A **Verificação** consiste no fornecimento de evidência objetiva de que um dado item satisfaz requisitos especificados.

O **Instrumento de Medição** consiste num dispositivo utilizado para realizar medições, individualmente ou associado a um ou mais dispositivos suplementares.

Tendo em conta as atividades metrológicas, é necessário distinguir as de carácter voluntário e as de carácter obrigatório. No contexto obrigatório, existe o controlo metrológico em que a sua aplicação depende da legislação e regulamentação existente. Por outro lado de carácter voluntário existem as calibrações que têm por base o cumprimento de requisitos de qualificação, tendo como finalidade a garantia de qualidade do instrumento de medição, existindo uma rastreabilidade a nível do SI (Sistema Internacional de Unidades de Medida).

Neste capítulo, serão abordados as seguintes temáticas: Sistema Português da Qualidade (SPQ), Instituto Português da Qualidade (IPQ), as três vertentes da Metrologia, a Científica, a Aplicada e a Legal, dando uma maior relevância à que foi por ultimo referida, e por fim, abordar a temática da Metrologia na área da Saúde.

2.2 Sistema Português da Qualidade (SPQ)

O Sistema Português da Qualidade – SPQ- é considerado um conjunto integrado de entidades e organizações interrelacionadas e interatuantes, que regem-se por princípios, regras e procedimentos que foram aceites internacionalmente, reunindo esforços para dinamizar a qualidade em Portugal, certificando-se que existe a coordenação de três subsistemas designados por normalização, qualificação e metrologia. O principal objetivo de SPQ é o desenvolvimento sustentável do País com o aumento da Qualidade na vida dos cidadãos em geral (IPQ, 2015).

O subsistema da Normalização engloba as atividades referentes à elaboração de normas e outros documentos normativos, em que o âmbito pode ser de carácter nacional, europeu ou internacional.

A Qualificação contempla as atividades relacionadas com a acreditação, certificação e outras de reconhecimento de competências e de avaliação de conformidade, no âmbito do SPQ.

Por último, existe o subsistema da Metrologia que garante o rigor e a exatidão das medições realizadas, assegurando a sua comparabilidade e rastreabilidade, quer seja realizado a nível nacional e internacional, bem como a realização, manutenção e desenvolvimento dos padrões das unidades de medida.

Existem princípios pelos quais o SPQ orienta as suas funções, nomeadamente (IPQ, 2015):

Universalidade, considerando que engloba qualquer tipo de atividade, os seus agentes e resultados em qualquer setor.

Credibilidade e Transparência, em que o seu funcionamento assenta em regras e métodos conhecidos e aceites a nível nacional ou criados por consenso internacional e é supervisionado por entidades representativas.

Horizontalidade, em que a sua atividade abrange todos os setores de atividade de uma sociedade.

Coexistência, em que existe possibilidade de todos os sistemas sectoriais ou entidades que demonstrem cumprir as exigências e regras definidas, de aderirem ao SPQ.

Transversalidade da dimensão de género, em que atividade realizada pelo SPQ visa contribuir para a igualdade de direitos entre mulheres e homens.

Descentralização, em que a atuação das entidades que fazem parte do SPQ é realizada de forma autónoma, bem como o respeito que deve existir pela unidade de doutrina e ação do Sistema no seu conjunto.

Adesão Livre e Voluntária, em que cada entidade tem livre escolha para decidir se pretender aderir ao SPQ.

2.3 Instituto Português da Qualidade (IPQ)

O Instituto Português da Qualidade (IPQ) é uma instituição pública que pelos termos da sua lei orgânica aprovada pelo Decreto-Lei n.º 71/2012, de 21 de março, posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 80/2014, de 15 de maio, tem como função a coordenação do Sistema Português da Qualidade (SPQ) e de outros sistemas de qualificação regulamentar que lhe forem atribuídos por lei, a de promoção e a coordenação de atividades que visem contribuir para demonstrar a credibilidade da ação dos agentes económicos, como também o desenvolvimento das atividades necessárias à sua função de laboratório nacional de metrologia (IPQ, 2015).

Tendo em conta a função do IPQ enquanto Organismo Nacional Coordenador do SPQ, é de sua responsabilidade a gestão, coordenação e desenvolvimento do Sistema Português da Qualidade, tendo em conta a perspetiva de integrar todas as componentes relevantes para a melhoria da qualidade de produtos, de serviços e de sistemas da qualidade e da qualificação de pessoas (IPQ, 2015).

Ao IPQ como Organismo Nacional de Normalização, compete-lhe promover a elaboração de normas portuguesas, garantindo a coerência e atualidade do acervo normativo nacional e promover o ajustamento de legislação nacional sobre produtos às normas da União Europeia.

Enquanto Instituição Nacional de Metrologia, compete ao IPQ, garantir o rigor e a exatidão das medições realizadas, atestando a sua comparabilidade e rastreabilidade, quer a nível nacional quer a nível internacional e a realização, manutenção e desenvolvimento de padrões das unidades de medida. No contexto regulamentar, além do controlo metrológico realizado em Portugal, o IPQ é também responsável pelo cumprimento dos procedimentos das diretivas comunitárias, cuja aplicação acompanha e pelo processo de notificação prévia de normas e regras técnicas no espaço de ação da União Europeia e da Organização Mundial do Comércio.

Além do que já foi anteriormente referido, o IPQ mantém cooperação externa para o desenvolvimento de atividades de cooperação e de prestação de serviços, com entidades nacionais e internacionais, no âmbito da Qualidade, mais concretamente na Normalização, Metrologia e Qualificação que consistem nos subsistemas do SPQ.

2.4 Vertentes da Metrologia

Atualmente, em Portugal, existe legislação que tem como objetivo a defesa do consumidor em termos económicos e de segurança, que compreende todo o controlo metrológico dos instrumentos de medição que de alguma forma podem afetar a sociedade em áreas tais como a defesa do consumidor, a segurança, a energia, a saúde, entre outras. Existindo assim as três vertentes fundamentais com papéis distintos mas amplamente relacionados, a metrologia Científica, a Aplicada e a Legal (Sousa, 2008).

A figura 2.1 mostra um pequeno resumo das principais atividades realizadas por cada uma das vertentes da Metrologia.



Figura 2.1 – Resumo das três Vertentes da Metrologia (adaptado de Sousa, 2008)

Metrologia Científica

A vertente científica da metrologia tem como função a realização de unidades de medida a partir da definição, recorrendo a ciências e as constantes físicas fundamentais, desenvolvendo mantendo e conservando os padrões de referência. Atua ao mais alto nível de exatidão e incerteza, estando independente de outras entidades no que diz respeito a rastreabilidade. A justeza dos valores obtidos assenta fortemente em exercícios de comparação entre laboratórios com outros laboratórios primários.

Os laboratórios primários nacionais têm como competências, o acompanhamento e a realização de padrões de unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI), a promoção e acompanhamento da evolução e da conservação de padrões nacionais.

Particularmente em Portugal, estas funções estão atribuídas ao IPQ, mais especificamente ao Laboratório Nacional de Metrologia e aos laboratórios que o IPQ confia estas funções, em determinadas áreas específica.

Metrologia Aplicada

A Metrologia Aplicada tem como âmbito as medições na produção e transformação de bens ou para a demonstração da qualidade metrológica em organizações com sistemas de qualidade certificados. Trata-se de medições em processos de fabrico e de controlo de qualidade dos mais diversos produtos e serviços. Fundamenta-se numa cadeia hierarquizada de padrões existentes em laboratórios e empresas, padrões estes rastreáveis a padrões primários (internacionais ou nacionais).

Metrologia Legal

A Metrologia Legal consiste principalmente na definição de um conjunto de características dos instrumentos de medição, que constam de norma ou recomendação internacional, atuando junto de todos os agentes económicos e do público em geral, que interferem em áreas como saúde, segurança, circuitos comerciais, entre outras. Salienta-se que só pode ser realizado controlo metrológico a instrumentos de medição que já tenham realizado a Aprovação de Modelo e que os mesmos se encontrem de acordo com a própria regulamentação.

Nesta área é necessário ter em conta a avaliação de conformidade em que a mesma se fundamenta nos resultados de ensaios a que os instrumentos estão sujeitos. Sendo que a avaliação da incerteza e do erro de medição consiste num processo fundamental para a definição de erros máximos admissíveis a aplicar no instrumento em questão. Existindo assim a nível internacional a norma ISO 10576-1:2003 que apresenta orientações para a verificação de conformidade com os limites de especificação, avaliada em função de um determinado intervalo de aceitação. Para definir o intervalo de aceitação para determinados valores é essencial definir com elevada exatidão os limites de tolerância e de aceitação (CS, 2015).

A figura 2.2 ilustra a analogia que existe entre os intervalos de tolerância e de aceitação

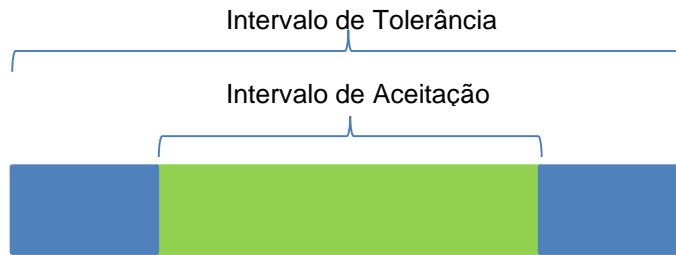


Figura 2.2 - Relação entre o Intervalo de Aceitação e o Intervalo de Tolerância

Tendo em conta as atividades metrológicas de carácter obrigatório o Controlo Metrológico Legal consiste num processo que tem por base uma sequência de atividades integradas (aprovação do modelo, primeira verificação, verificações periódicas). As atividades são sustentadas por uma estrutura legislativa tendo em conta três níveis (CS, 2015):

- Decreto-Lei, DL 291/90 de 20 de setembro, contempla todos os princípios básicos do controlo metrológico;
- Portaria Geral, Portaria 962/90 de 9 de outubro, em que estão presentes todas as definições, condições e características comuns a todos os instrumentos de medição, como também os símbolos de operações.
- Portaria específica que contempla as condições particulares que são aplicáveis a cada instrumento de medição.

As atividades integradas estão regulamentadas pelo Decreto-Lei n.º291/90, de 20 de setembro, designam-se por operações de controlo metrológico e consistem nas seguintes:

Aprovação de Modelo

São realizados testes através do estudo da documentação do instrumento, inspeção visual e a realização de ensaios em um ou mais exemplares do modelo em questão, tendo em conta a regulamentação técnica metrológica correspondente. Posto isto, a Aprovação do modelo consiste no reconhecimento de que a medida concretizada satisfaz as exigências da regulamentação metrológica para o modelo do instrumento de medição. Podem existir restrições na aprovação, tais como a limitação do prazo de validade, a limitação dos instrumentos de medição fabricados, notificação dos locais de instalação ou limitação da utilização. Caso haja algumas modificações em modelos já aprovados é necessária uma aprovação complementar, caso a mesma seja revogada é quando não existe conformidade dos instrumentos de medição ao modelo aprovado e sejam encontrados defeitos de ordem geral.

Primeira Verificação

Após a Aprovação de Modelo, o instrumento de medição antes de começar a ser utilizado é realizado um último ensaio para garantir a fiabilidade e a conformidade com a regulamentação garantindo suas características metrológicas. A verificação é realizada em instrumentos novos ou reparados e é requerida pelo fabricante ou pelo utilizador, dependendo das situações referidas.

Verificações Periódicas

Após os instrumentos de medição entrarem em funcionamento, são realizadas verificações periódicas de acordo com a regulamentação metrológica do modelo que define também a periodicidade entre verificações. Nas operações de verificação, os resultados dos instrumentos de medição têm que obedecer a um intervalo de erro pré-definido pela classe de exatidão em que o instrumento se insere. O resultado desta operação envolve dois resultados sobre os instrumentos, em Aprovado ou Rejeitado. Em casos de dúvidas ou de reclamações específicas, podem realizar-se verificações extraordinárias que se realizam sempre que o instrumento de medição apresente variantes ao seu normal funcionamento.

Como já foi anteriormente referido, existe diferenças entre as atividades de caráter voluntário e obrigatório. Uma das principais diferenças diz respeito ao conteúdo dos respetivos certificados, sendo de especial relevância para quem solicita e avalia.

Um certificado de calibração, segundo as normas internacionais (NP EN ISO/IEC 17025:2005) emitindo por uma entidade devidamente reconhecida para o efeito, deve apresentar o seguinte teor (CS, 2015):

- ✓ Título, nome, morada do laboratório, local da realização da calibração;
- ✓ Identificação inequívoca do certificado de calibração. Identificação em cada página que garante que pertence ao relatório em questão;
- ✓ Identificação do Cliente;
- ✓ Identificação do método utilizado;
- ✓ Descrição e identificação do instrumento de medição calibrado;
- ✓ Data da realização dos ensaios e os respetivos resultados;
- ✓ A identificação das pessoas que validaram o documento;
- ✓ Podendo conter também as condições em que a calibração foi realizada, a incerteza de medição e a referência à rastreabilidade das medições.

É importante referir que o detentor do instrumento de medição é responsável por estabelecer a periodicidade da realização de calibrações a partir do momento em que o certificado de calibração é validado e aceite pelo mesmo (CS, 2015).

No âmbito de um certificado de verificação é necessário incluir os requisitos anteriormente mencionados e mais a seguinte informação (CS, 2015):

- ✓ É necessária a referência à portaria que regulamenta o controlo metrológico do instrumento em causa;
- ✓ Identificação do despacho de aprovação do modelo do instrumento;
- ✓ Declaração de conformidade ou não conformidade com a legislação em vigor.

2.5 Metrologia na Saúde

No século XX, existiram grandes avanços da ciência, nomeadamente nas áreas de informática e eletrónica. Estes avanços foram de enorme importância para os instrumentos médicos tornando-os mais sólidos, confiáveis e compactos. Contudo a Metrologia não acompanhou esta progressão da tecnologia na área da saúde (Monteiro, 2005).

Devido ao aumento da complexidade dos instrumentos existe grande dificuldade em conhecer os erros associados aos resultados de medição. Nos dias de hoje, verifica-se uma grande dependência da tecnologia médica para a medição de parâmetros fisiológicos e cada vez mais os profissionais de saúde confiam os seus diagnósticos e prescrição de tratamentos nos resultados destes equipamentos (CS, 2015)

Tendo em conta a Metrologia e a Saúde, um equipamento médico que realiza medições de parâmetros quer sejam fisiológicos ou anatómicos e em que o seu resultado seja ostentado por unidades legais de medida, o mesmo é considerado um instrumento de medição, pelo que os padrões de medida devem ser legítimos e aceites ao abrigo da diretiva 2009/3/CE (CS, 2015).

Os parâmetros fisiológicos e anatómicos medidos servem de base para o diagnóstico de patologias, monitorização e acompanhamento do estado vital dos pacientes, em que os resultados destas medições devem ser valores exatos, reais e comparáveis. Por esta razão a Metrologia tem um papel fundamental nos equipamentos médicos que têm como função a medição, mais propriamente na sua manutenção e qualidade nos resultados de medição.

Existem diversas grandezas que são objeto de medição destes instrumentos, nomeadamente (CS, 2015):

- Temperatura, medida no corpo humano, quer em equipamentos de conservação de produtos até de esterilização de materiais;
- Caudal de perfusão de medicamentos;
- Pressão sistólica e diastólica com medição invasiva e não invasiva;
- Diferença de potencial elétrico, na medição de sinais cardíacos, eletroencefalográficos e eletromiográficos;
- Dose de radiação, medida na utilização de radiação x e em diagnóstico e tratamento.

Um simples exemplo muito frequente é a medição da pressão arterial, que é um dos parâmetros fisiológicos mais medidos no mundo, sendo o mesmo um dos indicativos de doenças coronárias e cardiovasculares. Esta medição é realizada através de um instrumento de medição designado por esfigmomanómetro. Um estudo australiano referente aos esfigmomanómetros demonstrou que uma incerteza na ordem dos 3 mmHg, resultava num aumento de 83 % no número de pacientes com pressão arterial diastólica superior a 95 mmHg, quer dizer que em cada 5 pacientes em que foi corretamente diagnosticada a hipertensão, em outros 4 seriam erradamente diagnosticados como hipertensos. Por isto em vários países definiu-se um erro estático não superior a 3 mmHg para novos equipamentos e 4 mmHg para equipamentos em uso. Assim a justeza dos valores é colocada em causa numa simples medição da pressão arterial tendo consequências fatais para os pacientes. Pois, muitas das vezes, verifica-se a colocação de ações judiciais por parte de familiares dos afetados tornando-se numa das causas para despesas financeiras de hospitais e profissionais de saúde (Monteiro, 2005).

A avaliação metrológica dos equipamentos médicos, que têm como função a medição, ganhou maior importância após o ano de 1990 com a publicação de resultados do *Harvard Medical Practice Study*, sobre eventos adversos (EA). Os resultados deste estudo mostraram que num total de 30 195 de pacientes hospitalizados, foram verificados 1 133 EA, que corresponde a 3,7 % dos hospitalizados, e cerca de 74 % dos EA foram considerados com incapacidade temporária e 13,6 % evoluíram para óbito (Monteiro, 2005).

Na década de 90 baseada numa nova abordagem, realizada pelos Estados Membros da União Europeia, foram estabelecidas regras, referentes à segurança e qualidade dos equipamentos médicos, desde os procedimentos aplicados à conceção até à sua colocação em serviço tendo em vista a proteção da saúde da sociedade em geral (Monteiro, 2005).

Atualmente estão a ser desenvolvidos mais estudos com o objetivo de demonstrar a impacto da rastreabilidade metrológica dos equipamentos médicos na vida do cidadão comum e a Organização Mundial de Saúde (OMS) tem publicado informação sobre esta temática, para promover boas práticas relativamente à utilização de equipamentos médicos. Vários países mais desenvolvidos estão a criar a própria regulamentação e leis para harmonizar, legislar e regularizar a rastreabilidade metrológica nos instrumentos de medição, seguindo as indicações da Organização Internacional da Metrologia Legal (OIML) (Ferreira, 2013).

Regra geral os instrumentos médicos estão abrangidos pela diretiva 93/42/CE reunindo de uma forma harmonizada normas relativas ao fabrico, colocação no mercado e entrada em serviço, bem como a criação de fiscalização na pós-comercialização.

Em Portugal, é imposto aos instrumentos médicos um conjunto de procedimentos e obrigações com o objetivo de garantir qualidade e segurança dos mesmos. Contudo, um dos principais requisitos de qualidade não é tido em conta, a garantia metrológica do instrumento, sendo que atualmente este cuidado fica a cargo dos detentores do equipamento (Ferreira, 2013).

Contudo em Portugal e face à legislação aplicável existe controlo metrológico sobretudo nos serviços de saúde de Imunohemoterapia, Tecidos e Células, Procriação Medicamente Assistida e Imagiologia, em que são produzidas radiações ionizantes. Em cada serviço de saúde é obrigatório conter procedimentos escritos que descrevam as características do instrumento, incluindo as suas especificações, funcionamento e procedimentos aplicáveis em caso de incidentes, entre outras. E cada equipamento deve possuir um registo de operações de verificação, manutenção e controlo. Estes registos deverão ser arquivados por ordem cronológica e encontrar-se sempre disponíveis e acessíveis para os profissionais diretamente envolvidos (CS, 2015).

3 Inovação Sistemática

Neste capítulo será abordada a temática Inovação Sistemática dando maior importância à Metodologia TRIZ e às suas ferramentas práticas.

3.1 Introdução à Metodologia TRIZ

Com a crescente competitividade entre as organizações e face à globalização e à exigente competitividade do mercado, torna-se imperativo que os gestores das mesmas tenham presente o conceito de inovação. Atualmente as empresas que coloquem essa forma de pensar e de agir de parte, estão a colocar a empresa em risco no seu mercado, é necessário um pensamento inovador não só relativamente à estética do produto mas também com todos os processos existentes numa organização.

“Ocorrências inesperadas, incoerências, requisitos de processo, as mudanças no mercado e indústria, as alterações demográficas, as mudanças na percepção ou um novo conhecimento pode dar origem a oportunidades de inovação” (Navas, 2013b).

É uma necessidade das organizações que a inovação se torne sistemática de forma a combater a inércia mental e a despertar a criatividade dos funcionários. Existem algumas metodologias que podem estimular a criatividade quer seja individual ou coletiva do ser humano e atualmente muito utilizadas como por exemplo o *Brainstorming*, *Mind Maps* e TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas).

A TRIZ - *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* - é um termo de origem russa e trata-se da “Teoria de Resolução Inventiva de Problemas”, traduzindo literalmente o seu significado para português, tendo sido desenvolvida por Genrich Altshuller (1926-1998), na Rússia em 1946 (Savransky, 2000).

Genrich Altshuller era um engenheiro e investigador soviético da marinha Russa, muitos autores descrevem-no como uma pessoa curiosa e inovadora, tendo-se tornado o primeiro presidente da associação TRIZ. Como realizava trabalhos num escritório de patentes, dedicou-se ao estudo das mesmas em diferentes áreas, sempre em busca de encontrar opções mais eficazes e convincentes para a resolução de problemas, como alternativa às já existentes. (Castro, 2015).

Segundo Altshuller, uma pequena percentagem das patentes resultava de algo que era feito de origem ou então de uma invenção e por isso é que os sistemas evoluíam de acordo com padrões e não de uma forma irregular em que a partir dos mesmos definiu princípios, ferramentas e a teoria que serve de base para a solução de problemas, a TRIZ. Refere ainda que a maioria dos problemas encontrados pelos engenheiros já tinham sido resolvidos anteriormente em outras áreas, verificando que as soluções podem resultar do conhecimento já existente na empresa, indústria ou noutra indústria (Marques, 2014).

A utilização desta metodologia ainda não é muito popular nas organizações, visto que o seu desenvolvimento ter-se-á iniciado nos anos 40, só nos anos 90 é que começou a ser divulgada fora da ex-União Soviética, quando foi introduzida no meio científico e empresarial através da empresa americana *Invention Machine Corporation*, como uma metodologia fiável e coerente de inovação, contudo algumas empresas de topo ignoraram este método, onde apenas empresas tais como Johnson & Johnson, Siemens, Philips, General Motors Corp., entre outras utilizam esta metodologia (Fernandes, 2013).

Atualmente a sua utilização é crescente, visto que as organizações referem ser um trunfo que contribui para o aumento de produtividade e para a diminuição de custos, existindo cada vez mais trabalho de investigação sobre esta metodologia (InnoSkills, 2009).

Para a aplicação desta metodologia é necessário perceber como funciona a estratégia da Metodologia TRIZ para a resolução geral de problemas, que pode ser simplificada como mostra a figura 3.1.

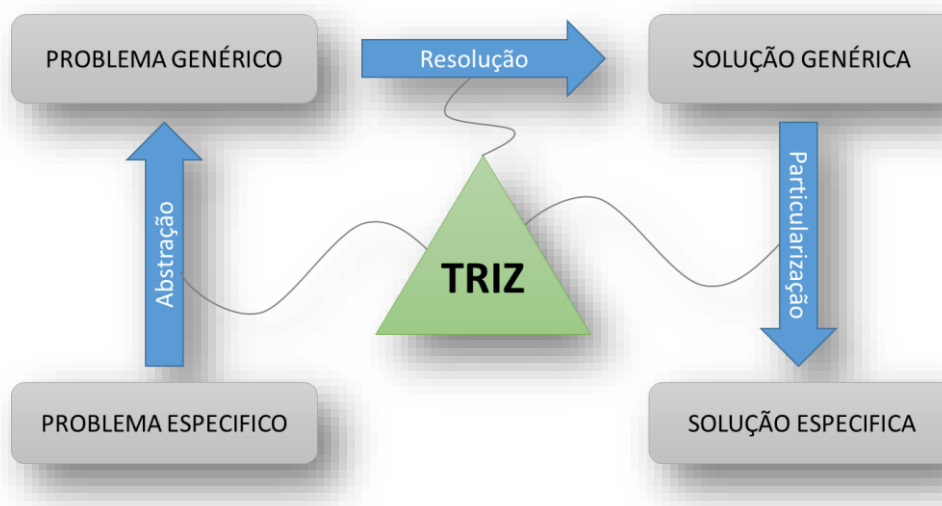


Figura 3.1 – Esquema Simplificado da Metodologia TRIZ (adaptado de Pombo, 2015)

Inicialmente ao identificar um problema específico, procura-se relacionar com um problema genérico ou análogo, em que o mesmo foi solucionado a partir de uma solução genérica, da qual resulta uma particularização, ou seja, uma solução específica para o problema inicial.

Para Altshuller, uma teoria de resolução de problemas deve ter em conta os seguintes guias de pensamento (Pombo, 2015):

- Procedimento sistemático passo a passo;
- Ser um guia através do universo das soluções conhecidas para a solução ideal;
- Ser repetível, confiável e independente de ferramentas psicológicas;
- Permitir o acesso à base de dados das soluções inventivas;
- Permitir adicionar novas informações à base de dados das soluções inventivas;
- Seguir os passos habituais dos inventores, percorrendo o processo normal de criação.

3.1.1 Níveis de Inovação e Conceitos Essenciais da TRIZ

Como já referido anteriormente, Altshuller analisou diversas patentes e averiguou que era necessário usar apenas alguns princípios de inovação para resolver a maior parte dos problemas. Como resultado deste estudo, o mesmo sistematizou as soluções descritas nas patentes e definiu 5 níveis inventivos que estão descritos na tabela 3.1 (Navas, 2013b).

Tabela 3.1 – Níveis de Inovação (Navas, 2013b)

Nível	Descrição	% das Patentes analisadas
1	Soluções de rotina utilizando métodos bem conhecidos na respectiva área da especialidade	30
2	Pequenas correções em sistemas existentes recorrendo a métodos conhecidos na indústria	45
3	Melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo da indústria. É onde aparecem soluções criativas de projeto	20
4	Soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos.	4
5	Soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas não anteriormente exploradas	1

O principal objetivo da TRIZ é orientar na resolução de problemas que possam surgir nos projetos que estão enquadrados nos níveis 3 e 4, em que as resoluções tradicionais, tais como técnicas de engenharia ou gestão, dificilmente resolvem os problemas.

A TRIZ pode ser definida como uma metodologia sistemática, orientada para o ser humano e baseada no conhecimento, tendo como objetivo a solução inventiva de problemas. Em seguida é explicada detalhadamente a definição referida (Savransky, 2000):

O porquê de ser **sistemática**:

- Contém métodos estruturados e heurísticas para orientar a resolução de problemas,
- Considera como sistemas a situação problemática, a solução e o processo de solução.

O porquê de ser **orientada para o ser humano**:

- As heurísticas são criadas para o ser humano e não para métodos computacionais, porque devido à tecnologia atual o computador não consegue medir forças com o cérebro humano.

O porquê de ser **baseada no conhecimento**:

- As heurísticas da resolução de problemas têm como base as patentes avaliadas, tendo em conta diversas áreas da engenharia;

- Emprega conhecimentos das ciências da natureza e da engenharia;
- Emprega conhecimentos referentes ao sistema, processos e técnicas para resolver problemas específicos.

O porquê de ser **solução inventiva de problemas**:

- Orientada para a resolução de problemas que especialmente apresentem contradições;
- Pretende sempre recorrer à criatividade e à inovação do ser humano.

É necessário referir os conceitos fundamentais que estão na base da Teoria da Resolução Inventiva de Problemas: contradição, idealidade, sistemas técnicos e padrões de evolução

Contradição

A contradição advém de quando se tenta melhorar um parâmetro de um sistema e prejudica-se outro parâmetro e segundo Altshuller, todos os problemas contêm e derivam de contradições. Existem dois tipos clássicos de contradições contemplados na metodologia TRIZ (Savransky, 2000):

Contradição técnica

Surge na criação de uma função útil num subsistema faz com que seja também criada uma função prejudicial ou que intensifique uma função prejudicial já existente noutro subsistema. Surge na eliminação ou redução de uma função desfavorável e provoca a deterioração de outra função útil noutro subsistema.

Contradição Física

Intensificação de uma função útil num subsistema, e simultaneamente, dar-se-á uma intensificação de uma função prejudicial existente no mesmo subsistema;
Redução de um sistema prejudicial num subsistema, e simultaneamente, haverá uma redução da função útil no mesmo subsistema chave.

Idealidade

O conceito de idealidade consiste num indicador que serve para examinar a evolução dos sistemas técnicos, analisando se as funções se tornam cada vez mais eficientes, fiáveis e simples, de forma a responder às exigências do mercado. Esta noção dá a indicação se a solução adotada é relativamente favorável e se está próxima da solução ideal.

O princípio da idealidade pode ser descrito pela seguinte expressão matemática, tendo em conta as funções benéficas e as funções prejudiciais do sistema. Relativamente às benéficas englobam as funções úteis principais, que têm em conta a finalidade para a qual o sistema foi projetado e as funções auxiliares que apoiam as anteriores, como exemplo tem-se funções de controlo, transporte, de correção. Por outro lado as funções prejudiciais estão relacionadas com fatores

adversos ao sistema, como por exemplo, custos, emissão de ruídos, recursos necessários para manutenção do sistema, entre outros (Savransky, 2000):

$$Idealidade = \frac{\sum \text{funções benéficas}}{\sum \text{funções prejudiciais}}$$

Existe outra expressão matemática que exprime a idealidade considerando custos e efeitos indesejáveis:

$$Idealidade = \frac{\sum \text{funções benéficas}}{\sum \text{efeitos indesejáveis} + \sum \text{custos}}$$

A idealidade é um conceito que pode ser empregue em sistemas, para melhorar algumas das suas funções já existentes, ou até mesmo auxiliar a criação de ideias inovadoras, sempre como o objetivo de melhoria contínua nas diversas áreas de uma organização. Este parâmetro é precisamente um dos objetivos da metodologia TRIZ, em que é procurada uma solução ideal, em que se procura a eliminação de uma característica prejudicial ou a criação de uma benéfica, pretendendo sempre o não acompanhamento de características prejudiciais ao sistema (Savransky, 2000).

Padrões de Evolução

Segundo Altshuller e seus colaboradores, os sistemas e processos técnicos durante o seu processo de evolução seguiam algumas regularidades e identificaram-nas como padrões de evolução. Considerando estes padrões bastante vantajosos para auxiliar na resolução de problemas e na previsão da evolução de uma técnica. Foram definidos os seguintes padrões de evolução (Rantanen & Ellen Domb, 2008):

Ciclo de Vida

O ciclo de vida é constituído por quatro estágios, sendo elas comuns a qualquer sistema tecnológico, entre elas, o período de introdução, crescimento, maturidade e declínio como está representado na figura 3.2:

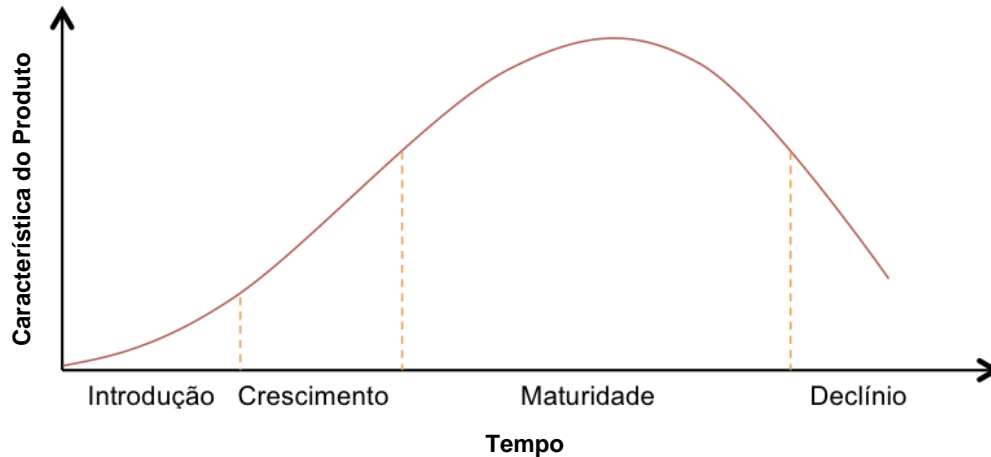


Figura 3.2 – Ciclo de Vida de um Sistema (adaptado de Castro, 2015)

O primeiro estágio é considerado a fase da introdução, em que surge um novo sistema novo ou pode ser somente a melhoria de uma solução anterior. Esta pode ser uma fase em que haja escassez de recursos quer humanos, quer financeiros e por isso ser mais demorada.

Quando existe uma aceitação por parte da sociedade da nova solução inicia-se o estágio designado por crescimento, em que alguns problemas já foram resolvidos e as melhorias implementadas, existindo um maior investimento por parte dos cidadãos ou organizações.

É alcançada a maturidade do novo sistema tecnológico, quando existe por parte da sociedade uma estabilidade no seu interesse, contudo existe ainda investimento elevado, mas não tanto como na fase do crescimento. Quando já não existe a possibilidade de qualquer tipo de inovação no sistema tecnológico, entra-se na fase do declínio, deixando de apelar ao interesse da sociedade.

Evolução em direção à Idealidade Crescente

Como já referido anteriormente na expressão matemática da Idealidade (rácio entre funções benéficas e funções prejudiciais), verifica-se que para existir o aumento da Idealidade relativamente a um sistema tecnológico é necessário que haja um aumento de funções benéficas e/ou diminuir as funções prejudiciais melhorando assim o sistema.

Desenvolvimento não uniforme de Elementos do Sistema

Num sistema tecnológico as suas características não evoluem todas ao mesmo tempo, cada uma tem o seu próprio ciclo de vida, em que umas se desenvolvem mais rapidamente que outras.

Aumento da Dinâmica, Flexibilidade e Controlabilidade do Sistema

A dinâmica e a flexibilidade dos sistemas torna-se cada vez maior e é necessário um maior controlo dos mesmos.

Aumento da Complexidade de um Sistema seguido da simplificação

Inicialmente um sistema é simples e quando é necessário uma evolução do mesmo tende a aumentar a complexidade das suas características devido ao aumento de funções do sistema, sendo novamente simplificado, sendo este padrão caracterizado pela repetição.

Compatibilidades Incompatibilidades entre elementos do sistema

Quando é necessário melhorar um sistema ou diminuir um efeito indesejado, são analisadas as respetivas incompatibilidades ou compatibilidades entre os elementos do sistema.

Evolução na direção de níveis micro e aumento da utilização de campos

Existe uma evolução dos sistemas tecnológicos de um nível macro para micro, tendo como auxílio a utilização de diferentes campos de energia, tendo um melhor controlo e desempenho durante a transição com o objetivo de melhorar as características.

Diminuição da Intervenção Humana

Existe a necessidade de desenvolver sistemas técnicos com um nível de automação elevado, isto que sejam capazes de atuarem por si, com menor necessidade de intervenção humano, deixando-os mais livres para atividades intelectuais, em que seja necessário o cérebro humano.

3.1.2 Ferramentas Fundamentais da TRIZ

Foram desenvolvidas ferramentas e técnicas, em que nas mais divulgadas se destacam, os 40 Princípios de Invenção e a Matriz das Contradições, Matriz da Idealidade, Análise de Substância-Campo (*Sufield*), Nove janelas, Análise de Funções, ARIZ – Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas, entre outros.

Neste Subcapítulo vão ser destacadas as seguintes ferramentas: Princípios Inventivos e Matriz das Contradições, Análise Substância-Campo, Matriz da Idealidade e o Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas – ARIZ.

3.1.2.1 Princípios de Invenção e Matriz das Contradições

A matriz das contradições é uma das ferramentas de mais fácil entendimento e por isso a mais utilizada. Para construir esta matriz é necessário recorrer aos 39 parâmetros técnicos (tabela 2.2) para definir as características a melhorar e as que possivelmente possam apresentar um efeito negativo para o sistema. As matrizes desta ferramenta, como o exemplo ilustrado no Anexo A, pode ser consultada da seguinte forma:

1. Nas linhas encontram-se os parâmetros técnicos a serem melhorados;
2. Nas colunas encontram-se os parâmetros técnicos que podem ser prejudicados na melhoria dos outros;
3. No cruzamento das linhas e colunas encontram-se os princípios inventivos indicados para a resolução de contradições.

Na tabela 3.2 encontram-se definidos os parâmetros técnicos segundo TRIZ, que devem ser tidos em conta para elaborar a matriz das contradições. No Anexo B, estarão definidos e claramente descritos.

Tabela 3.2 - Parâmetros Técnicos Segundo TRIZ (Navas, 2013a)

Parâmetros de Engenharia segundo a TRIZ			
1	Peso (móvel)	21	Potência
2	Peso (imóvel)	22	Perda de energia
3	Comprimento (móvel)	23	Perda de massa
4	Comprimento (imóvel)	24	Perda de informação
5	Area (móvel)	25	Perda de tempo
6	Area (imóvel)	26	Quantidade de matéria
7	Volume (móvel)	27	Fiabilidade
8	Volume (imóvel)	28	Precisão de medição
9	Velocidade	29	Precisão de fabrico
10	Força	30	Factores prejudiciais que actuam
11	Tensão, Pressão	31	Efeitos colaterais
12	Forma	32	Manufacturabilidade
13	Estabilidade do Objecto	33	Conveniência de uso
14	Resistencia	34	Reparabilidade
15	Durabilidade (móvel)	35	Adaptabilidade
16	Durabilidade (imóvel)	36	Complexidade do dispositi
17	Temperatura	37	Complexidade no controlo
18	Claridade	38	Nível de automação
19	Energia Dispensada (móvel)	39	Produtividade
20	Energia Dispensada (imóvel)		

Na tabela 3.3 encontram-se definidos os princípios inventivos segundo TRIZ, que auxiliam na resolução das contradições identificadas na matriz. No Anexo B os princípios inventivos encontram-se sucintamente descritos.

Tabela 3.3 - Princípios de Invenção Segundo TRIZ (Navas, 2013a)

Princípios de Invenção da TRIZ			
1	Segmentação	21	Urgência
2	Extração	22	Conversão de prejuízo em proveito
3	Qualidade local	23	Retroação
4	Assimetria	24	Mediação
5	Combinação	25	Auto-serviço
6	Universalidade	26	Imitação
7	Recorrencia	27	Objeto económico com vida curta em vez de durável
8	Equilíbrio	28	Substituição do sistema mecânico
9	Neutralização Prévia	29	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
10	Acção Prévia	30	Películas flexíveis ou membrana fina
11	Amortecimento Prévio	31	Utilização de materiais porosos
12	Equipotência	32	Mudança de cor
13	Inversão	33	Homogeneidade
14	Esfericidade	34	Rejeição e regeneração de componentes
15	Dinamismo	35	Transformação do estado físico ou químico
16	Acção atenuada ou acentuada	36	Mudança de fase
17	Mudança para nova dimensão	37	Expansão térmica
18	Vibração mecânica	38	Utilização de oxidantes enérgicos
19	Acção periódica	39	Ambiente inerte
20	Acção continua	40	Materiais compostos

3.1.2.2 Análise Substância-Campo (*Sufield*)

Esta ferramenta é considerada extremamente vantajosa na identificação de problemas e na busca de soluções lógicas e padronizadas. A análise Substância-Campo em que é também denominada como *Sufield*, é possível utilizar uma abordagem gráfica para analisar determinado sistema tecnológico de uma forma simples e facilmente perceptível, permitindo uma melhoria no sistema em questão. Para empregar corretamente a ferramenta é fundamental percorrer as seguintes etapas para a construção dos modelos funcionais:

1. Identificação dos elementos disponíveis;
2. Construção do modelo “Substância-Campo”;
3. Identificação da situação problemática;
4. Seleção de uma solução genérica (Solução-Padrão);
5. Desenvolvimento da solução.

Para definir um sistema técnico Substância-Campo, como exemplificado na figura 3.3 é necessário a presença de duas substâncias e um campo definido por A. A função é modelada em forma de triângulos e através de diferentes tipos de linhas, em que é possível identificar o que está correto ou não.

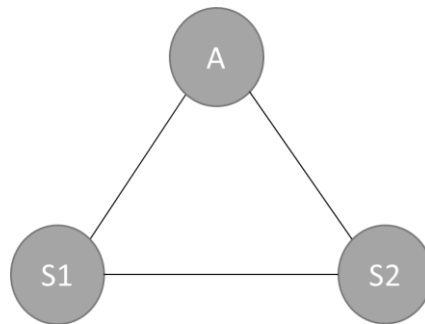





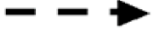

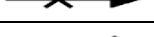
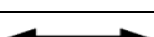


Figura 3.3 - Sistema Completo

As substâncias envolvidas na interação do modelo podem ser na forma de material, ferramenta, componente, pessoa ou ambiente. O campo A que atua sobre as substâncias pode ser energia do tipo mecânico, térmico, químico, elétrico e magnético.

Existe uma interação que pode trazer benefícios ou não, entre as duas substâncias S1 e S2, em que uma delas atua sobre outra substância. Pode haver o caso em que as ligações possam ser boas, insuficientes, inexistentes ou prejudiciais.

Quando existe algum problema no sistema técnico, verifica-se pela ligação que existe entre os vértices, pois para cada tipo de problema é caracterizado por um tipo de ligação, identificado na tabela 3.4, podendo não existir qualquer tipo de ligação. Após visualizar o modelo verifica-se qual o problema existente e segue-se o procedimento referido no desenvolvimento de soluções padrão, para corrigir problemas removendo ou adicionando campos ou substâncias.

Tabela 3.4 - Simbologia Utilizada na Análise Substância-Campo (Navas, 2013a)

Simbologia	Significado
	Conexão (normal)
	Ação ou efeito desejado
	Inatividade
	Ação ou efeito desejado Insuficiente
	Ação ou efeito prejudicial
	Quebra de conexão
	Operador de solução
	Interação
	Várias ações

Para aplicar esta ferramenta é necessário conhecer as três situações genéricas, em que nos esquemas são utilizadas as substâncias anteriormente referidas e a simbologia apresentada na tabela 3.4. Verificam-se as seguintes situações:

Situação Problemática 1. Nesta situação o efeito desejado não ocorre, existindo assim um sistema designado por Sistema Incompleto como ilustra a figura 3.4

Considera-se um sistema incompleto, quando existe falta de um ou dois elementos no triângulo SC. Portanto para dar resposta ao problema, é necessário adicionar os elementos que pode ser um campo e uma substância ou só um campo. Sendo necessária uma análise para verificar qual o campo mais adequado para a resolução do problema.



Figura 3.4 - Sistema Incompleto

Situação Problemática 2. Nesta situação acontece que o efeito desejado é ainda insuficiente originando um sistema designado por Sistema Insuficiente como ilustra a figura 3.5.

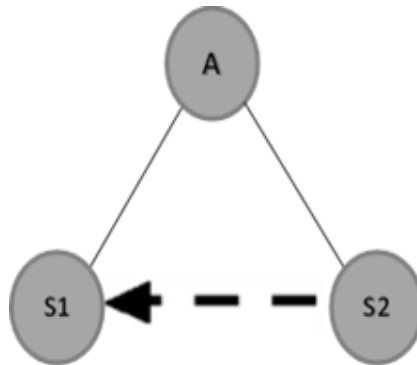


Figura 3.5 - Sistema Completo Insuficiente

Neste contexto o sistema é constituído pelos três elementos necessários, contudo o campo A é insuficiente, pode ser demasiado fraco ou lento, entre outras razões. Para solucionar este problema deve-se modificar S1, S2, F ou recorrer a uma nova substância S3 para criar o efeito pretendido.

Situação Problemática 3. Nesta situação ocorre um efeito pretendido torna-se prejudicial, existindo assim um sistema designado por Sistema Prejudicial como ilustra a figura 3.6.

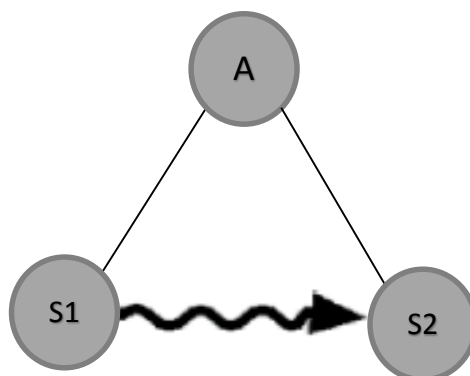


Figura 3.6 - Sistema Completo Prejudicial

Nesta situação em que o sistema completo tem efeito prejudicial, é constituído por três elementos que se encontram nos seus lugares, mas a interação que existe entre as duas substâncias S1 e S2 é prejudicial ou indesejada. Como consequência o Campo A, a interação entre as duas substâncias também se torna prejudicial, sendo necessário eliminar esse efeito criando novo campo com uma nova substância S3.

Para esta metodologia existem 76 Soluções Padrão, distribuídas por 5 classes, que se entram enquadradas e definidas no **anexo A** e sucintamente referenciadas na tabela 3.5 e que podem ser utilizadas após o modelo triangular estar completo.

Tabela 3.5 – Classificação das Soluções-Padrão (Castro, 2015)

Classe	Descrição da Classe	Soluções Padrão
1	Construção e destruição de modelos Substância-Campo	13
2	Desenvolvimento de modelos Substância-Campo	23
3	Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema	6
4	Soluções padrão para a deteção e medição	17
5	Introdução de substâncias ou campos dentro de um sistema técnico	17

As 76 soluções-padrão podem ser sintetizadas e generalizadas em 7 soluções gerais (Castro, 2015):

1. Completar um modelo Substância-Campo que se encontre incompleto como mostra a figura 3.7.

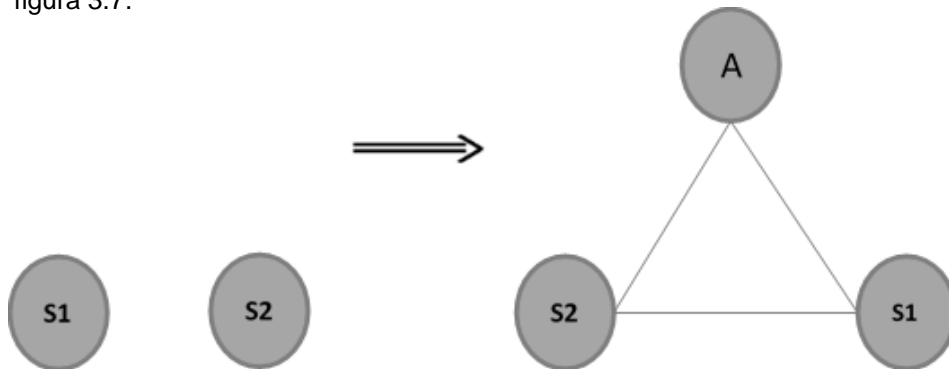


Figura 3.7 - Solução Geral 1

2. Modificar a Substância S1 para eliminar ou reduzir o efeito negativo ou para melhorar o efeito positivo como ilustra a figura 3.8.

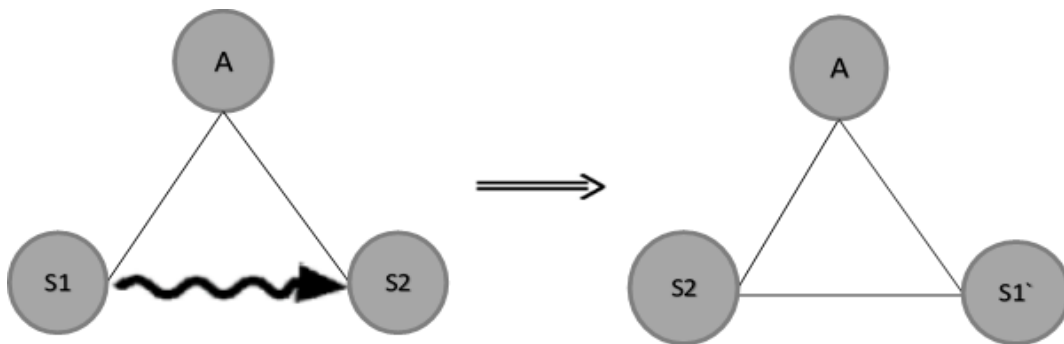


Figura 3.8 - Solução Geral 2

3. Modificar a Substância S2 para eliminar ou reduzir o efeito negativo ou para melhorar o efeito positivo como apresenta a figura 3.9.

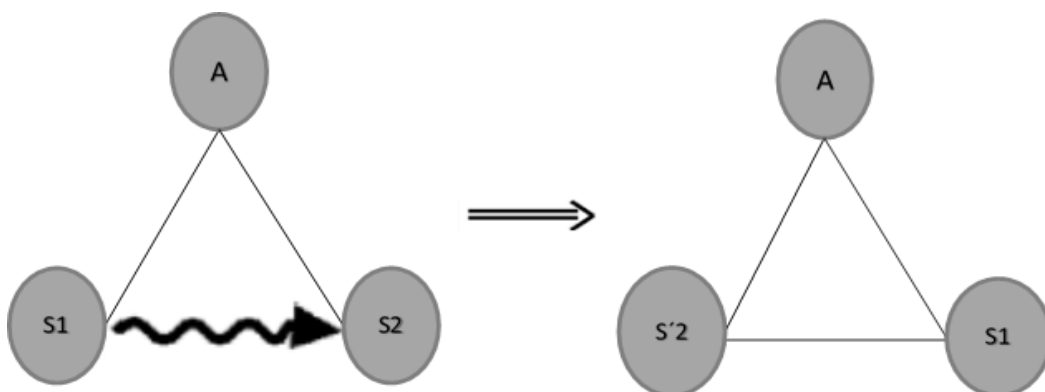


Figura 3.9 - Solução Geral 3

4. Modificar o campo F para eliminar ou reduzir o efeito negativo ou melhorar o efeito positivo como mostra a figura 3.10.

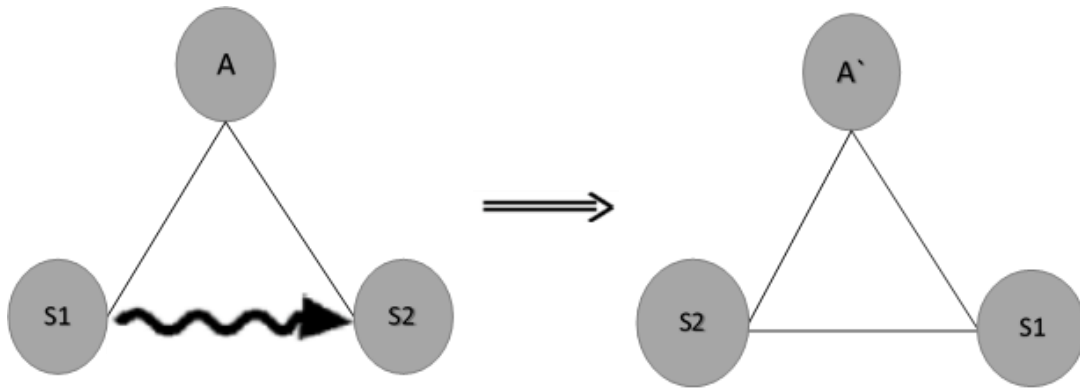


Figura 3.10 - Solução Geral 4

5. Eliminar, neutralizar ou isolar o efeito negativo utilizando outro campo Ax que interage com o sistema técnico, como apresenta a figura 3.11.

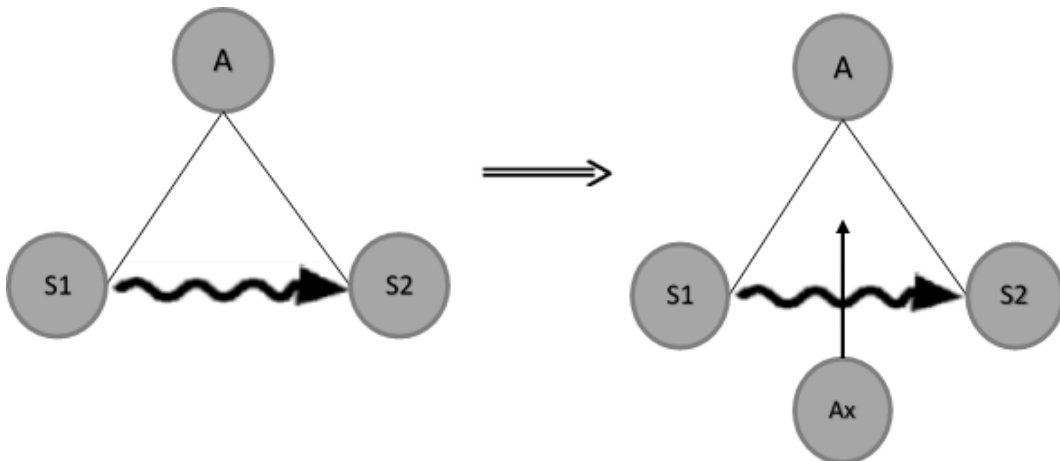


Figura 3.11 - Solução Geral 5

6. Introduzir um novo campo A mas neste caso positivo, o Ax⁺, como ilustra a figura 3.12.

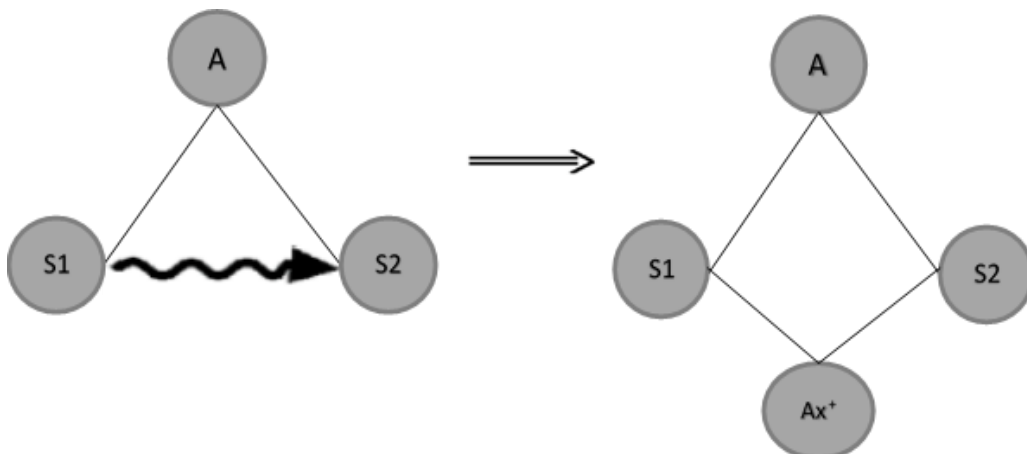


Figura 3.12 - Solução Geral 6

7. Expandir um modelo Substância-Campo existente para um novo Sistema em cadeia, como se verifica pela figura 3.13.

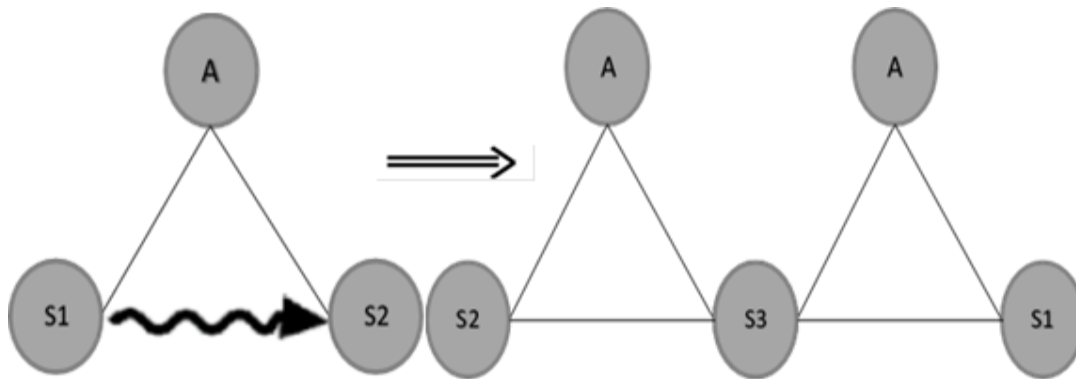


Figura 3.13 - Solução Geral 7

3.1.2.3 Matriz da Idealidade

Na Matriz da Idealidade, os parâmetros são definidos pela pessoa ou grupo que desenvolve o estudo, ao contrário da Matriz das Contradições que funciona com parâmetros técnicos já pré-definidos.

Como exemplo de uma matriz da idealidade, tem-se a problemática de melhorar um processo de *picking*, alterando as dimensões de uma embalagem desdobrável. Inicialmente antes de construir a matriz é necessário identificar quais as características que os utilizadores desta embalagem dão maior importância (Castro, 2015):

- Maior volume
- Maior Capacidade
- Multifuncionalidade
- Fácil manuseamento
- Aumento da produtividade
- Resistência suficiente
- Baixo custo de aquisição

Face aos parâmetros definidos, constrói-se a Matriz da Idealidade (Tabela 3.6) que vai indicar entre os mesmos se apresentam um relação indiferente, prejudicial ou favorável.

Tabela 3.6 - Matriz da Idealidade de uma Embalagem Desdobrável (Castro, 2015)

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7
1. Volume		+			+		-
2. Capacidade de carga	+				+		-
3. Multifuncionalidade	+	+		-	+	-	-
4. Facilidade de manuseamento			-		+		
5. Produtividade							
6. Resistência	+	-					-
7. Custo de aquisição	-	-	-			-	

Com a Matriz da idealidade construída é possível verificar quais os parâmetros criados que apresentam prejuízo para outros, quais os que apresentam benefício e por fim os que não apresentam qualquer tipo de relação. Assim é possível verificar o número de relações benéficas (sinal positivo) e o número de relações prejudiciais (sinal negativo).

Tendo como exemplo o parâmetro de uma maior capacidade para a embalagem, então é possível verificar que com o aumento deste parâmetro é necessário aumentar o volume da mesma, aumentando por sua vez a produtividade do operador, contudo existe um maior custo de aquisição.

Após uma análise criteriosa aos parâmetros definidos e suas relações é possível calcular o nível de idealidade através da seguinte equação:

$$Nivel\ de\ Idealidade = \frac{N^{\circ}relações\ benéficas}{N^{\circ}relações\ prejudiciais} = \frac{9}{12} = 0,75$$

Neste caso o nível de idealidade é inferior a 1, ou seja, o número de relações prejudiciais é maior que o número de relações benéficas. Porém analisando novamente a tabela 3.6 é possível verificar que devido ao parâmetro *Custo de aquisição* o resultado foi bastante influenciado. Como consequência deste resultado foi realizado um segundo calculo para nível da idealidade não considerando o parâmetro Custo de aquisição:

$$Nivel\ de\ Idealidade = \frac{N^{\circ}relações\ benéficas}{N^{\circ}relações\ prejudiciais} = \frac{9}{4} = 2,25$$

Conclui-se com isto que o parâmetro retirado é o mais prejudicial e se o mesmo não for contabilizado, a embalagem estaria muito próxima da ideal.

3.1.2.4 Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ)

A ferramenta designada Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas, que tem como sigla russa ARIZ, tem como função a descrição sequencial das ações que devem ser realizadas para identificar e resolver as contradições, ou seja, descreve o próprio processo da resolução inventiva de problema.

Segundo Altshuller, esta ferramenta é mais adequada para resolver problemas fora do comum, auxiliando o pensamento humano mas nunca o substituindo. Trata-se de um método lógico e organizado, que de uma forma progressiva torna um problema complexo, para um em que a sua resolução seja mais simples. (Marques, 2014).

A Figura 3.14, mostra de uma forma resumida o Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas.

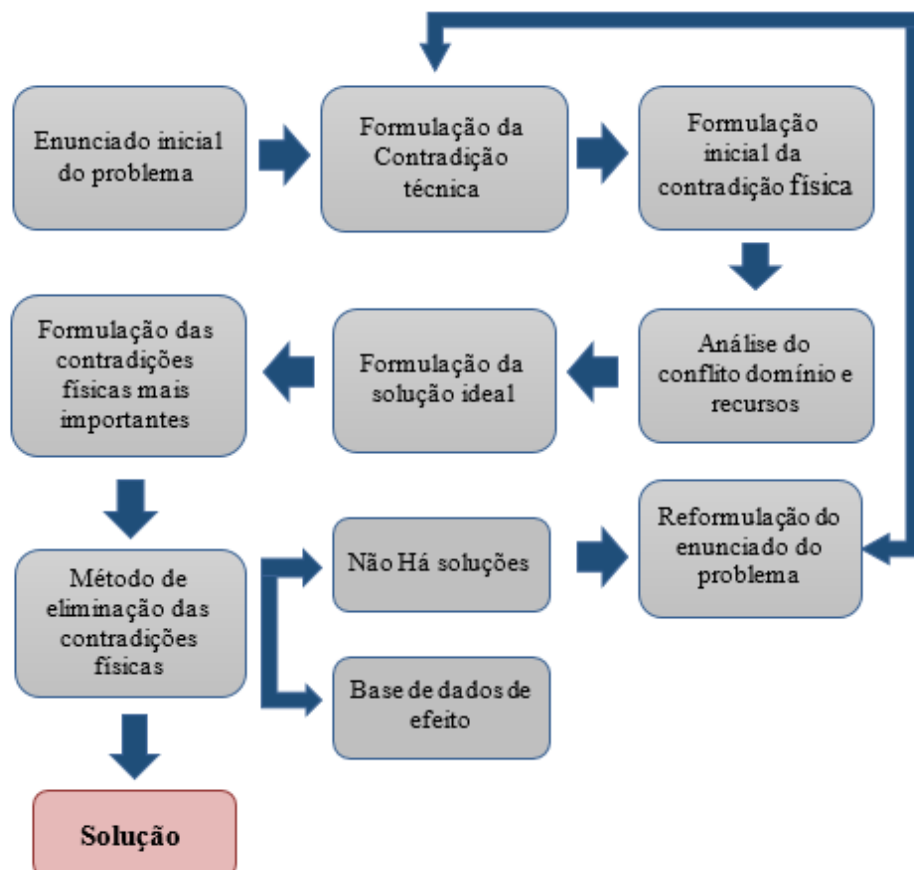


Figura 3.14 - Método Resumido do ARIZ (adaptado de Navas, 2013b)

A base inicial do ARIZ foi sendo alterada sucessivamente com novas técnicas e novos efeitos de acordo com a complexidade dos problemas que foram surgindo. Atualmente a versão mais utilizada desta ferramenta designa-se por ARIZ-85c que inclui cerca de 85 etapas, mas a mais recente versão já conta com cerca de 100 passos diferenciados.

Contudo existem 5 passos que são fundamentais neste algoritmo, comuns a todas as versões criadas (Castro, 2015):

Elaboração do enunciado do problema

Deve estar inserido um sistema tecnológico, em que deve estar indicada a finalidade do sistema bem como uma listagem das principais partes do sistema, pelo que a formulação do problema deve ser realizada sem recorrer à prática de termos técnicos.

Formulação de Contradições

É imprescindível descrever as contradições técnicas com número mínimo de contradições incluídas no sistema, para assinalar o efeito pretendido:

Contradição Técnica 1 (CT-1): (identificar)

Contradição Técnica 2 (CT-2): (identificar)

Análise de Conflitos

Após ter as contradições definidas, realiza-se a análise aos conflitos, em que os elementos em conflito têm incluídos a peça e a ferramenta. A peça consiste no elemento que é necessário alterar e a ferramenta é a responsável por essa alteração. Para expor o problema de uma forma mais simples, deve-se mostrar as contradições técnicas em modelos gráficos.

Métodos de eliminação das Contradições

Nesta etapa, o problema deve ser formulado e indicados os elementos que se encontram em conflito. Se na fase anterior foi empregue a Análise Substância-Campo, em que se tem as 76 soluções-padrão (apresentadas no anexo A), que apoiam na eliminação das contradições existentes, contudo também pode ser utilizada a matriz das Contradições, em que estão contemplados os 40 princípios inventivos que apresentam diversas soluções para a resolução do problema existente.

Formulação da solução ideal (ou reformulação do enunciado do problema)

A última fase consiste na formulação do problema em termos de Resultado Final Ideal (RFI), tendo em conta que é considerada uma solução RFI, no caso de se obter uma característica benéfica ou a eliminação de uma característica prejudicial sem existir a degradação ou a criação de mais efeitos prejudiciais. Seguidamente o RFI é transformado em contradição física tendo em conta mais pormenores e a eliminação da contradição física baseia-se em três princípios:

- Separação temporal das propriedades antagónicas;
- Separação espacial das propriedades antagónicas;

- Separação das propriedades antagônicas por redistribuição das mesmas no interior do sistema

Finalmente se não for encontrada uma solução é necessário a reformulação do problema e realizar novamente as etapas enunciadas anteriormente.

4 Tecnologia RFID

Neste Capítulo é abordada de uma forma simplificada a utilização da Tecnologia RFID, bem como o seu funcionamento e todos os seus principais componentes.

4.1 Definição e Funcionamento dos Sistemas RFID

A tecnologia RFID (Identificação por Radiofrequência) faz parte do grupo de tecnologias de identificação e Captura de dados automáticos. Em 1934, Pierre David baseado no trabalho de Hulsmeyer (em 1904 patenteou a invenção “Métodos para informar ao observador a presença de objetos metálicos com ondas eletromagnéticas”), desenvolveu um sistema que detetava as ondas de rádio em frequências mais altas, podendo assim detetar o movimento de aviões e navios. Já nas décadas de 50 e 60, cientistas dos Estados Unidos, Europa e Japão que apresentaram estudos que a energia de radio frequência poderia ser utilizada para a identificação remota de objetos e em 1973 surgiu a primeira patente para um sistema RFID com memória regrável (Descalzo, 2011).

Nos sistemas RFID a transmissão de dados é realizada através de ondas eletromagnéticas, ao contrário dos tão utilizados sistemas de códigos de barras que são suportadas por tecnologias de computação, comunicação e eletrónica.

Na tabela 4.1 encontram-se resumidas as grandes diferenças entre a tecnologia RFID e a tecnologia de código de barras, concluindo que a tecnologia RFID é mais eficiente e versátil.

Tabela 4.1 - Avaliação de Parâmetros da Tecnologia de Código de Barras e RFID (adaptado de Pedro, 2012)

	RFID	Código de Barras
Necessidade de estar à vista	Não	Sim
Realizar várias leituras em Simultâneo	Sim	Não
Diversificação	Elevada (vários tamanhos e diversos materiais)	Baixa (alteração de tamanho mas em papel e plástico)
Resistência (líquidos, temperatura e químicos)	Elevada	Reduzida
Modificação de Informação	Sim	Não
Capacidade de armazenamento	Pode ir até <i>Mbytes</i>	50bit (Unidimensionais) 3000bit (Bidimensionais)
Segurança	Elevada	Reduzida

Os sistemas RFID permitem a transmissão e a identificação de dados sem ser necessário o contacto direto entre o leitor e um dispositivo móvel. Em que é emitido um sinal de radio frequência tentando localizar as etiquetas que estão na zona de cobertura do leitor e estas emitem um sinal enviando informações para serem manipuladas pelos *softwares* de gestão. Para o correto funcionamento destes sistemas RFID, são necessários quatro componentes: a etiqueta, antena, leitor e *software* de gestão (Pedro, 2012).

A figura 4.1 demonstra a forma de funcionamento de um sistema RFID.

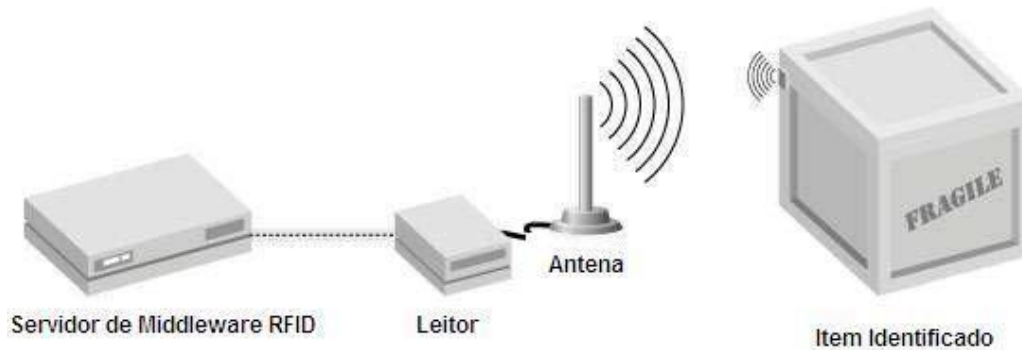


Figura 4.1 - Sistema RFID (Descalzo, 2011)

Nos seguintes subcapítulos são abordados os principais componentes de forma individual e sucinta, bem como a utilização da tecnologia RFID na Saúde como também as suas possíveis vantagens e limitações.

4.1.1 Etiqueta (*Transponder* ou *TAG*)

Geralmente as etiquetas são constituídas por uma antena, que funciona como uma resistência que normalmente é envolta por plástico ou silicone e por um chip que tem por funcionamento o armazenamento de informações. A principal função da etiqueta é anexar dados a um determinado objeto e que serão lidos posteriormente pelo leitor. A figura 4.2 evidencia a composição básica de uma etiqueta.



Figura 4.2 – Composição Básica da Etiqueta RFID (Descalzo, 2011)

A forma mais comum de classificar as etiquetas é conforme a sua forma de adquirir energia, em que podem ser definidas como etiquetas ativas ou etiquetas passivas (Descalzo, 2011).

Etiquetas Ativas

As etiquetas ativas possuem a sua própria fonte de energia, esta particularidade faz com que o seu sinal seja mais forte, conseguindo assim um maior raio de alcance e uma maior capacidade de memória, podendo conter diversa informação. Existe um aspeto negativo neste tipo de etiquetas por terem a própria bateria, faz com que as mesmas sejam de maiores dimensões, têm maiores custos associados e operam sobretudo em frequências mais elevadas e por conseguinte existe um período finito de vida da bateria. Este tipo de etiquetas para poupar a sua bateria e por conseguinte aumentar o seu ciclo de vida, pode permanecer inativa, ou enviando sinal num intervalo de tempo programável. O alcance destas etiquetas pode ir até aos 100 metros, memória de 32 *kilobytes* e a velocidade de transferência de dados entre 100 e 200 bytes por segundo.

É necessário referir que apesar das etiquetas ativas terem um custo relativamente elevado, depressa se observa um rápido retorno económico do investimento realizado.

Etiquetas Passivas

As etiquetas passivas ao contrário das ativas, não possuem fonte própria de energia, obtêm a energia necessária a partir do campo magnético produzido pelo leitor, quando as etiquetas entram no raio de alcance do mesmo. Estas etiquetas são as mais comuns por serem mais simples, baratas e terem uma maior usabilidade e podem ser lidas até 3 metros de distância. Possuem memória até 736 *bytes* e a uma velocidade de leitura até 8750 *bytes* por segundo e as mesmas apresentam maior sensibilidade a ruídos e a perdas de sinal por funcionarem em frequências mais baixas. E que teoricamente o tempo de vida deste tipo de etiquetas é infinito, pois o seu fator limitante é o seu bom uso.

A título de curiosidade, existem mais dois tipos de classe pouco mencionadas as de alta frequência e as de duas vias. As de alta frequência além de possuírem as características das etiquetas passivas, têm a possibilidade de extensão de memória do usuário e autenticação de controlo de acesso e as etiquetas de duas vias em que além de possuir energia para ela própria é também capaz de comunicarem com outras etiquetas sem a utilização de leitor.

As etiquetas poderão apresentar diversos formatos como discos, moedas, em plástico, em vidro, ou a mais utilizada designada etiqueta ou *smart labels*, que pode ser produzido em maior escala utilizando uma impressora utilizada para a impressão de códigos de barra.

4.1.2 Leitor RFID (Transceiver)

Este componente tem como funções o controlo e ativação da comunicação com a etiqueta, tem de gerir a transferência de dados entre as etiquetas e a aplicação de *software*. Os componentes físicos de um leitor consiste no próprio leitor, a antena, o controlador e a interface de rede.

A antena tem como função realizar a troca de informações entre o leitor e a *tag*, através da definição de um campo eletromagnético. O controlador serve para a implementação de protocolos de comunicação e controlo do transmissor. A interface de rede possibilita a comunicação entre os leitores e outros dispositivos (Pedro, 2012).

Existem diversos formatos de leitores variando em tamanho que pode ir desde aproximadamente 1,27 centímetros até ao tamanho de um computador de mesa antigo, pode ser na forma de dispositivos portáteis até no formato de telemóveis. Na figura 4.3 encontram-se exemplos de formatos de leitores.



Figura 4.3 - Exemplos de Leitores RFID (Descalzo, 2011)

4.1.3 Antena e Software de Gestão

As antenas são de grande importância para um sistema RFID, porque o seu desempenho influencia na distância de alcance do leitor e na deteção apurada de um sistema RFID.

As antenas são classificadas conforme a comunicação que permitem, em que as mesmas podem ser definidas por antenas de curta distância e de longa distância. As antenas de campo curto são utilizadas para curtas distâncias e frequências baixas e as de campo longo são mais indicadas para cobrir longas distâncias ou frequências mais altas, contudo são mais sensíveis ao ambiente envolvente como aos líquidos ou metais.

Os *softwares* de gestão, geralmente conhecidos por aplicações de *Middleware*, têm como principal funcionalidade a gestão dos leitores e os dados provenientes das etiquetas. Estas aplicações recebem diversos sinais que advêm das etiquetas e em seguida converte-os num único sinal de identificação, sendo este o elo de ligação entre os múltiplos constituintes de *hardware* e as demais aplicações de *software* de um sistema RFID.

As aplicações de *middleware* têm como principais características (Pedro, 2012):

Gestão de dados: Ao fim de captar os dados, aplicação permite filtra-los e envia-los para o endereço indicado;

Gestão de dispositivos: permite configurar, monitorizar, implantar e executar comandos por parte dos utilizadores diretamente para os leitores, como se trata-se de uma interface comum;

Integrações de aplicações: a aplicação fornece as mensagens, encaminhamento e características de ligação necessárias à integração dos dados RFID, adquiridos na gestão de uma cadeia de fornecimento já existente. No planeamento de recursos da empresa, ou na gestão de armazéns;

Integração de parceiros: fornece soluções de colaboração entre os vários parceiros comerciais, tendo como exemplo “*business to business*”.

4.2 A Segurança nos Sistemas RFID

O sistema RFID, utiliza o *wireless*, por isso é importante que estes sistemas sejam dotados de um sistema de segurança, pois caso não exista esta proteção qualquer leitor pode aceder à informação.

Em vários estudos referentes a esta temática dão grande importância à rastreabilidade: localização contínua de pessoas e bens, o acesso indevido a informações confidenciais contidas nas etiquetas. As possíveis ameaças aos sistemas RFID, podem ter várias origens, pela pesquisa realizada, Ding Zhen-hua apresenta um maior número de ameaças definidas (Bacelar, 2008).

Ameaças à camada física, contemplam interferências no sinal de radiofrequência, a frequência e o portador do ciclo de relógio, englobando todos os ataques por interceção das ondas de radiofrequência, interferências e a clonagem. É considerada interceção ou espionagem quando um intruso intercepta dados com um leitor compatível com a família de etiquetas e a frequência utilizada. Como as etiquetas são geralmente de baixo custo e de tecnologia acessível são facilmente clonadas, isto sucede quando os leitores pertencentes ao sistema RFID não conseguem capturar a informação que identifica a etiqueta que pertence ao sistema. É considerado um ataque perigoso, por exemplo, que contribui para alteração de etiquetas em medicamentos ou passaportes, entre outros.

Um ataque designado por colisão é principalmente uma ameaça à comunicação e acontece quando várias etiquetas respondem ao mesmo tempo à solicitação de um leitor, para isso são criados protocolos de anti colisão para impedir estas situações, coordenando as respostas das etiquetas.

Por último tem-se as ameaças de aplicação, que abrangem: a falsificação, que consiste no esquecimento de uma etiqueta mas a mesma continua ativa e pode ser utilizada por outra pessoa; replay, em que o sistema é atacado e são esgotados os recursos computacionais do leitor, da etiqueta e da base de dados; rastreamento, em que é posta em causa a privacidade do portador da etiqueta; dessincronização, em que existe uma perda de sincronização do número de identificação entre o servidor da base de dados e a etiqueta e por último os vírus, podendo por em risco todo o sistema.

Existem diversas formas soluções para garantir a segurança de sistemas RFID, pois um dos grandes entraves para a não aplicação desta tecnologia, é o risco de segurança associado. Pode ser realizado através de um bloqueador de etiquetas, desativação de etiquetas através de códigos atribuídos desde a sua criação, criptografia, protocolos anti colisão, entre outros.

4.3 Utilização de Tecnologia *RFID* na Saúde

Na área da saúde, existem possíveis e necessárias aplicações de sistemas RFID, que poderiam evitar erros, que possam por em causa a saúde do paciente. Segundo a *HealthGrades* (Organização de Saúde Norte Americana), que realizou estudos sobre óbitos de cidadãos americanos devido a erros que podiam ter sido evitados os fatores em qual resultavam os erros, diziam respeito às más condições de trabalho, situações de *stress*, descuidos variados, excesso de trabalho e cansaço, pondo de parte a falta de qualificação dos profissionais de saúde. Este estudo abriu portas para realizar novas investigações, analisando as diversas causas e propondo a utilização de tecnologias inovadoras para existir uma maior automatização de alguns procedimentos hospitalares. Uma das tecnologias apresentadas são os sistemas RFID, que em comparação com outras propostas apresentam maior potencialidade no seu uso, tendo maior fiabilidade, eficiência e versatilidade. A tecnologia RFID pode ser aplicada em rastreamento de equipamentos, objetos ou pacientes, realização de inventários, entre outros (Pedro,2012).

Geralmente em ambiente hospitalar existe grande movimentação de equipamentos, pessoas quer sejam profissionais de saúde, quer de serviços externos, mas em grande maioria pacientes. Pois nestes casos a tecnologia RFID, pode ser de grande utilidade, por exemplo nos doentes que têm perda memória, na proteção de crianças, que existem bastantes casos de rapto em ambiente hospitalar, na gestão. Outra situação em que pode ser utilizada é no controlo de amostras em laboratórios.

5 Análise da Situação Atual e Propostas de Melhoria

Neste capítulo será analisada e descrita a principal problemática que advém da conjuntura entre a Metrologia e Saúde. Com o auxílio das ferramentas da Metodologia TRIZ, irá proceder-se à identificação e clarificação de situações problemáticas bem como oportunidades de melhoria que envolvem estas duas áreas, sendo descritas todas as soluções encontradas. Serão utilizadas várias ferramentas analíticas, assim como a Matriz das Contradições, a Análise Substância-Campo e a Matriz da Idealidade. No estudo desenvolvido, todas as unidades hospitalares, clínicas, centros de saúde serão designados por centros de cuidados médicos (CCM).

5.1 Identificação de Problemas

Atualmente em Portugal verifica-se a quase inexistência de controlo metrológico em equipamentos médicos com função de medição, com exceção aos instrumentos de medição de radiações ionizantes e instrumentos de pesagem não automática.

Assim, a veracidade dos resultados de medição obtidos por instrumentos em que não existe controlo metrológico, é colocada em causa. Contudo este facto é de desconhecimento geral para a maior parte da população portuguesa, sendo de grande influência para o quotidiano e segurança dos cidadãos.

Posto isto, existiu a oportunidade para o tema desta dissertação, em que é necessário desenvolver procedimentos e mecanismos para o controlo de intervenções metrológicas, especialmente na área da saúde, visto que atualmente só são verificados conforme a vontade dos detentores dos equipamentos médicos. Existindo assim, uma forma de garantir uma melhor fiabilidade e disponibilidade de equipamentos, existindo assim uma manutenção preventiva dos instrumentos, ou seja, uma forma de criar um modelo de supervisão dos instrumentos de medição em serviço.

5.2 Propostas de Melhoria

Para propor as melhorias face ao problema exposto, aplicaram-se ferramentas da Metodologia TRIZ, inicializando com a Matriz das Contradições.

Como anteriormente referido no capítulo 3, para elaborar a Matriz das Contradições, é necessário identificar quais dos 39 parâmetros de engenharia, segundo TRIZ (tabela 3.2), se pretende melhorar ou introduzir. A melhoria de parâmetros ou introdução de novas características poderão ter um efeito negativo em alguns outros parâmetros, podendo até originar obstáculos e constrangimentos.

Neste caso, referente a todo o procedimento que envolve as intervenções metrológicas em instrumentos de medição na área da saúde, foram realizadas algumas sessões de *brainstorming*

com especialistas na área da Metrologia Legal através das quais foi definido um conjunto de parâmetros a melhorar:

24. Perda de Informação - tornar o processo mais informatizado, reduzindo com isso a utilização de papel e instrumentos de escrita manual, diminuir a realização de impressão contribuindo para a redução de perdas de informação. O arquivo de informação relacionada com os equipamentos de medição em suporte digital poderá conferir uma maior segurança, facilidade de acesso e uma maior capacidade de armazenamento de dados.

25. Perda de tempo – reduzir o tempo de procura de equipamentos e de informação relativa aos mesmos. Uma grande volumetria de dados relativos às características dos equipamentos de medição na área da Saúde pode tornar-se impeditiva na realização de certas atividades que exigem o acesso a eles.

27. Fiabilidade – Para que no procedimento metrológico exista a diminuição de adulteração de resultados medidos, garantindo uma menor variabilidade dos mesmos.

33. Conveniência de uso – simplificar o processo para uma maior adesão por parte das unidades hospitalares, para que possam realizar intervenções metrológicas de forma metódica e eficiente.

38. Nível de Automação – tornar o processo mais automatizado, neste caso reduzir a dependência do ser humano para o controlo de intervenções metrológicas, tornando num processo mais informatizado.

39. Produtividade - melhorar a produtividade das entidades que executam as intervenções metrológicas, contribuindo para a otimização de tempo e controlo de custos, como também contribui para uma melhor gestão hospitalar de equipamentos

Com base no conjunto de parâmetros definidos, foi construída uma Matriz de Contradições. A tabela 5.1 descreve a matriz de contradições construída para este caso de estudo.

Tabela 5.1 – Matriz das Contradições de Intervenções Metrológicas

			Parâmetros prejudicados
			37
			Complexidade no controlo
Parâmetros a melhorar ou a implementar	24	Perda de informação	-
	25	Perda de tempo	-
	27	Fiabilidade	19,20
	33	Conveniência de uso	10,19,20,22
	38	Nível de Automação	16,20,22
	39	Produtividade	22,20

Como indicado na tabela 5.1, verifica-se que com a melhoria ou implementação de alguns parâmetros técnicos, ocorre impacto negativo no parâmetro Complexidade no Controlo (nº37).

Com o objetivo da redução da perda de informação e de tempo, a complexidade de controlo irá aumentar por ser necessário um sistema informático para uma melhor gestão de informação, mais espaço de armazenamento e uma maior segurança.

Com o objetivo de aumentar a fiabilidade de resultados, a complexidade no controlo irá aumentar, visto ser necessário tornar o procedimento metrológico mais confiável e seguro, com a criação de protocolos de segurança e de proteção contra piratas informáticos protegendo o armazenamento de dados.

Para que haja um aumento da perceção de conveniência de uso (realização de intervenções metrológicas) é necessário a realização de ações de sensibilização para este efeito, antes e durante por não existir regulamentação para o efeito. E por isso existe um aumento de custos com formações e a longo prazo um acrescido custo com a realização de intervenções metrológicas.

Com o aumento do nível de automação e como próprio nome indica uma menor dependência do ser humano, existirá um aumento da complexidade de controlo, por ser necessário equipamentos tecnológicos que requerem a manutenção, como atualizações de *software* e por conseguinte formações, a existência de avarias que sejam necessárias reparar, envolvendo sempre custos.

Tendo como objetivo o aumento da produtividade dos laboratórios de metrologia e uma melhoria na gestão hospitalar de equipamentos, é necessário ter uma base tecnológica sólida e eficiente para controlar e armazenar a elevada quantidade de equipamentos e informação associada aos mesmos. E para que a introdução de dados e a consulta dos mesmos no sistema seja um processo rápido, é necessária a existência de tecnologia adequada para o efeito, aumentando a complexidade no controlo deste processo.

Após a identificação dos parâmetros que se encontram em conflito, é necessário definir quais os princípios inventivos, referidos no capítulo 3, que poderão resolver os conflitos existentes.

Com a análise da tabela 5.1, verifica-se que no cruzamento entre os parâmetros **Conveniência de uso** e **Complexidade de controlo**, foram definidos os seguintes princípios inventivos:

10 – Ação Prévia:

- a) Realizar toda ou parte da ação requerida com antecedência;
- b) Organizar os objetos para que eles possam entrar em ação numa questão pontual e de uma posição conveniente.

19 - Ação Periódica

- a) Substituir uma ação contínua por uma (pulsada) periódica;
- b) Se uma ação já é periódica, alterar a frequência;
- c) Usar pulsos entre impulsos para fornecer ações adicionais.

20 - Continuidade de uma ação útil

- a) Executar uma ação contínua (isto é, sem pausas), onde todas as partes de um objeto operam em plena capacidade;
- b) Remover movimentos ociosos e intermediários.

22 - Conversão do prejuízo em proveito

- a) Utilizam fatores prejudiciais ou efeitos ambientais para se obter um efeito positivo;
- b) Remover um fator prejudicial, combinando-a com um outro fator prejudicial;
- c) Aumentar a quantidade de ação prejudicial até que deixe de ser prejudicial.

As ações prévias e periódicas têm como finalidade a sensibilização dos CCM para a realização de calibrações voluntárias de forma metódica, com uma maior frequência associada e de forma a aumentar a cooperação com os laboratórios de Metrologia, através de sistema em rede.

As ações de sensibilização podem ser executadas pelas entidades responsáveis da área da Metrologia ou outra entidade a definir em que seriam expostos casos de estudo práticos que demonstrem a sensibilidade deste tema na sociedade, mostrando os benefícios da realização de intervenções metrológicas, para as entidades envolvidas neste processo. Deverá também existir a sensibilização por parte das entidades competentes ligadas à Metrologia, para incentivar a gestão de topo dos CCM, à criação de um guia de boas práticas, em que poderiam ser descritos quais os procedimentos metrológicos e algumas práticas para um correto manuseamento de equipamentos médicos.

Para que os resultados sejam alcançados é necessário que as medidas referidas tenham uma continuidade no tempo, porque apresentam um carácter útil, quer para os CCM quer para os laboratórios de Metrologia e principalmente para a sociedade. Tendo em conta este princípio 20 (continuidade de ação útil), poderiam ser aplicadas ferramentas *Lean* para remover qualquer tipo de desperdício, tendo em conta a redução de custos (*Kaizen*, Seis Sigma, entre outros).

Tendo em conta o princípio conversão do prejuízo em proveito, o aumento na realização de intervenções metrológicas aos instrumentos de medição, faz com que exista um possível aumento de custos, sobretudo com o investimento inicial. Contudo resultará uma crescente qualidade associada aos resultados de medições efetuadas por equipamentos devidamente controlados metrologicamente. É necessário referir o ponto de vista dos laboratórios de Metrologia, em que existirá por parte dos mesmos um investimento inicial com procedimentos

mais informatizados, porém poderá existir uma crescente produtividade dos laboratórios, com a otimização de tempo e de custos. Para os CCM poderá ser visto como um contributo para uma melhor gestão hospitalar de equipamentos médicos com função de medição.

Voltando à análise da tabela 5.1, verifica-se no cruzamento dos parâmetros **Nível de Automação** e **Complexidade de Controle**, que os princípios a resolverem este conflito são considerados os seguintes:

16 - Ação parcial ou excessiva:

Se é difícil a obtenção de 100% de um efeito desejado, alcançar um pouco mais ou menos do que este, a fim de simplificar o problema.

19 - Ação Periódica

- a) Substituir uma ação contínua por uma (pulsada) periódica;
- b) Se uma ação já é periódica, alterar a frequência;
- c) Usar pulsos entre impulsos para fornecer ações adicionais.

20 - Continuidade de uma ação útil

- a) Executar uma ação contínua (isto é, sem pausas), onde todas as partes de um objeto operam em plena capacidade;
- b) Remover movimentos ociosos e intermediários.

Para resolver o conflito referido é necessário realizar ações quer no âmbito da sua realização, quer no seu tempo de atuação, tendo em conta a realização de uma ação parcial ou excessiva seria do tipo opcional.

De carácter excessivo poderia ser desenvolvida regulamentação própria para intervenções metrológicas, apoiada por mecanismos que auxiliassem as principais estruturas envolvidas nas intervenções, através da utilização de tecnologia para identificação de equipamentos, por exemplo a utilização de *smart labels*. Existiria a simplificação e tornava-se num processo metódico, rápido e eficiente sem a dependência da vontade dos detentores dos equipamentos.

Tendo em conta uma ação parcial, poderia ser apenas desenvolvida somente guia de boas práticas para apoiar as intervenções metrológicas, ou então optar unicamente pela monitorização, mas neste caso seria mais complicado o seu desenvolvimento visto não ter um suporte guia para o procedimento.

É de notar que a ação excessiva seria de todo a mais aconselhada, visto ter os procedimentos metrológicos e a monitorização apoiados por um guia de procedimentos dos CCM. Sendo necessário sempre recordar de uma forma contínua a sensibilização para os benefícios das intervenções metrológicas quer para as organizações envolvidas quer para os cidadãos e que

os possíveis custos destas implementações terão melhorias na qualidade quer dos instrumentos de medição quer na qualidade de vida da sociedade em geral.

Para o desenvolvimento do Guia de Boas Práticas é necessário sempre o aconselhamento de pessoas entendidas na área da Metrologia e que auxiliem nos procedimentos a executar, bem como na periodicidade em que deve ser realizadas intervenções metrológicas, tendo em conta cada tipo de equipamento.

Para concluir a análise da tabela 5.1, verifica-se a última contradição que resulta dos parâmetros **Produtividade e Complexidade no Controlo**. Em que como princípios de resolução da mesma foram referidos a continuidade de uma ação útil e a conversão de prejuízo em proveito.

Relativamente à continuação da ação útil, em que é exigido um investimento inicial elevado para os laboratórios de Metrologia é necessário que os mesmos sensibilizem as gestões de topo de forma contínua e periódica, para que exista rentabilidade do investimento inicial. Este investimento poderá ser dado como um prejuízo para os mesmos, mas a médio/longo prazo torna-se como um proveito para melhorar a qualidade de serviço dos laboratórios, o aumentando a sua produtividade e a possível redução de custos e de tempo, com a reduzida utilização de papel e material de escrita. Não esquecendo de relembrar o contributo para os CCM para a gestão hospitalar dos equipamentos

Em seguida aplicou-se a análise Substância-Campo. Para a utilização desta ferramenta foram verificadas e definidas as principais substâncias para proceder à melhoria das intervenções metrológicas na área da saúde, tornando-as num processo comum do funcionamento geral das organizações, nomeadamente dos CCM.

Inicialmente para aplicar esta ferramenta é necessário definir as substâncias S1 e S2, envolvidas no problema a estudar, como ilustra a figura 5.1.



Figura 5.1 – Sistema Incompleto Atual

Nesta situação **S1** e **S2** são definidas como instrumentos de medição e laboratórios de Metrologia respetivamente. Contudo estas substâncias definidas representam um sistema incompleto como verifica-se pela figura 5.1 em que a principal causa é a falta de controlo metrológico na maior parte dos equipamentos. Os instrumentos de medição referem-se somente aos instrumentos de medição na área da saúde.

Anteriormente referido no capítulo 3, as 76 soluções-padrão podem ser sintetizadas em 7 soluções gerais. Posto isso posteriormente vão ser contempladas as 7 soluções gerais para a aplicação desta ferramenta e possível resolução de situações problemáticas.

Para tornar-se num Sistema Completo é necessário criar uma ligação adequada para a situação em causa que envolve os instrumentos de medição e os laboratórios de Metrologia, como ilustra a figura 5.2.

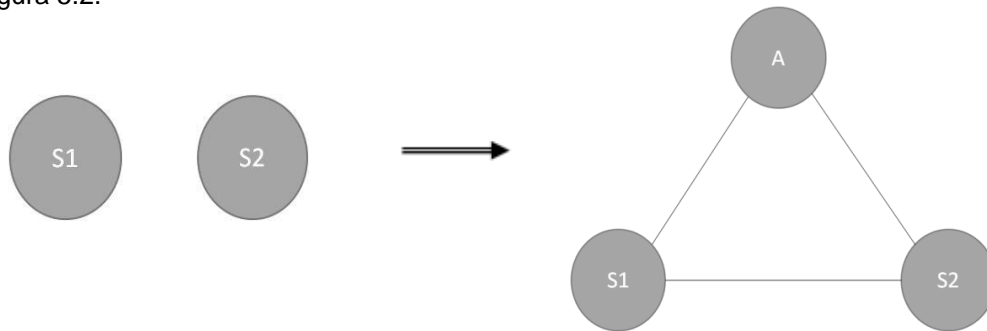


Figura 5.2 – Sistema Incompleto e Respectiva Solução

Verifica-se pela figura 5.2, que a solução geral mais adequada é a introdução de um campo **A**, tornando-o num Sistema Completo. O campo **A** torna-se de grande importância pois permite a ligação entre as duas substâncias **S1** e **S2**, consiste num mecanismo mecânico, elétrico e magnético e possibilita que os instrumentos de medição estejam aptos para serem utilizados, através de intervenções metrológicas nos instrumentos de medição.

Contudo o sistema anteriormente referido como completo, torna-se insuficiente face à inovação dos equipamentos médicos e por a referida atividade **A** ser de carácter voluntário e depender sempre da vontade própria da gestão de topo dos CCM e de não ser realizada de forma metódica e periódica.

Na figura 5.3, **S1** continua a representar os instrumentos de medição mas **S2** agora engloba os laboratórios de Metrologia e Centros Médicos, visto que a solução é uma medida conjunta que envolve as duas entidades, existindo assim um funcionamento em rede das duas organizações.

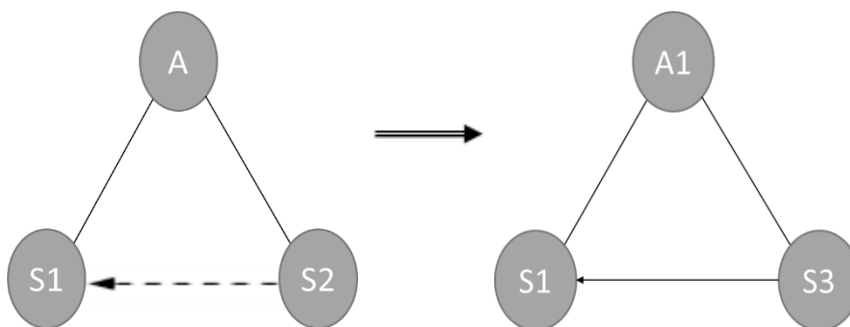


Figura 5.3 – Sistema Insuficiente e Respectiva Solução 1

Na Figura 5.3, define-se a substância **S3** como *smart labels* e a ação **A** passa a ser uma ação **A1** que consiste na monitorização de intervenções metrológicas realizado em conjunto pelas duas entidades atribuídas a **S2**.

Contudo é necessário referir que existe outra solução possível para a resolução desta problemática como ilustra a figura 5.4.

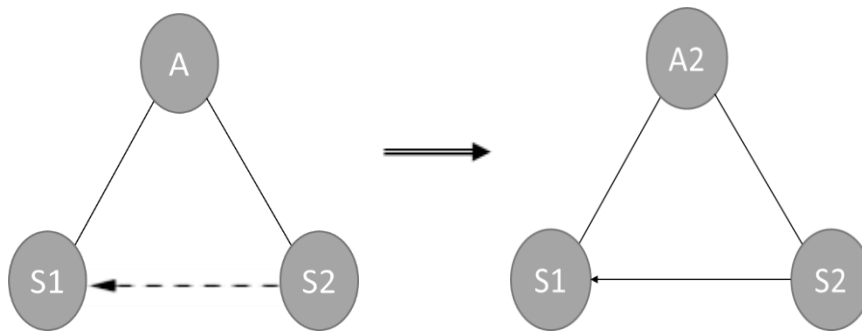


Figura 5.4 – Sistema Insuficiente e Respectiva Solução 2

Na Figura 5.4 existe a mesma definição para **S1** e **S2** (instrumentos de medição e laboratórios de Metrologia/Centros Médicos, respetivamente), a ação **A1** representa o desenvolvimento de Guia de Boas Práticas dos CCM contando com o apoio de profissionais de Metrologia Legal, tendo como âmbito criar procedimentos próprios e também conjuntos para as intervenções metrológicas a executar.

Poderia ser referida a criação de regulamentação a nível nacional, mas visto ser um processo demorado e complexo a curto/médio prazo, a regulamentação própria seria a mais indicada.

Para fazer face à situação problemática do sistema ser insuficiente e para se tornar um solução inovadora e apoiada por um Guia de procedimentos, uma das soluções propostas poderia ser a ação conjunta das soluções propostas, como ilustra a figura 5.5. Ou seja, a monitorização de intervenções metrológicas através de *smart labels* com tecnologia RFID e do possível funcionamento em rede entre as entidades envolvidas, neste caso laboratórios de Metrologia e CCM, tendo o seu funcionamento como suporte o Guia de Boas Práticas, criado pela gestão de topo dos CCM, com auxílio de profissionais de Metrologia.

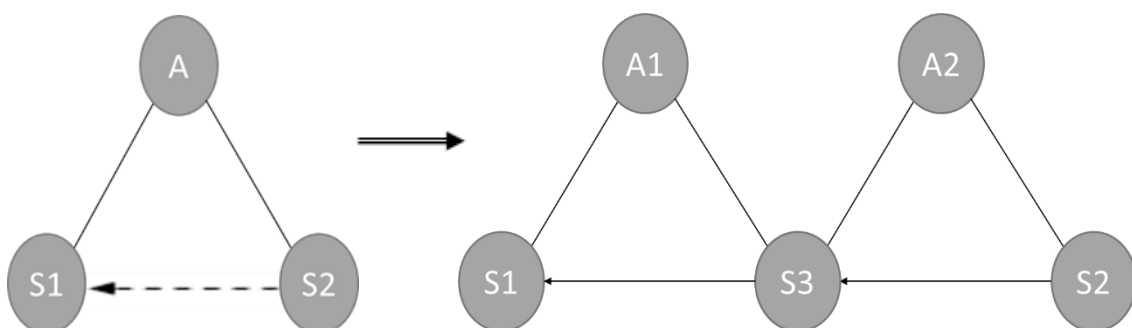


Figura 5.5 – Sistema Insuficiente e sua Respectiva Solução 3

Na implementação da solução inovadora que consiste na utilização de *smart labels*, aplicando a tecnologia RFID, existe uma consequência que poderá trazer um efeito prejudicial ao

funcionamento dos equipamentos médicos com função de medição, mais concretamente a utilização de ondas magnéticas para a comunicação por radiofrequência.

Como se verifica pela figura 5.6 o sistema prejudicial, consiste nas substâncias **S1** que representa os instrumentos de medição, **S3** que representa as *smart labels* com tecnologia RFID e **A1** que consiste na ação de realizar a monitorização de intervenções metrológicas.

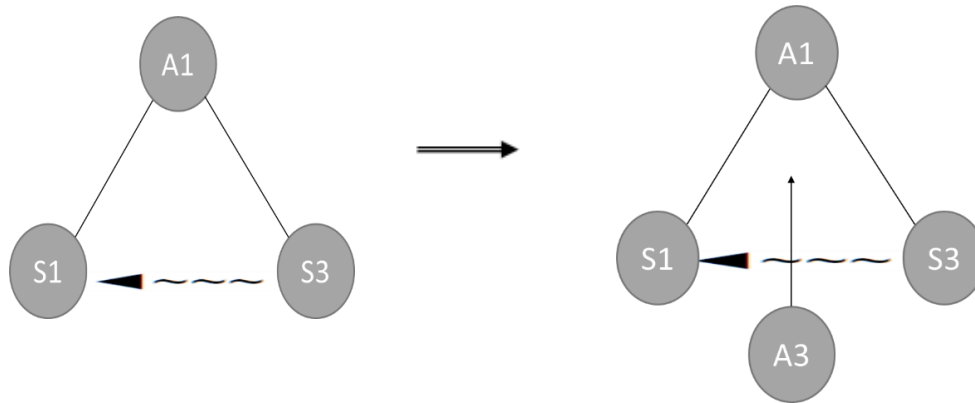


Figura 5.6 - Sistema Prejudicial e Respectiva Solução

Contudo existem ações que diminuem o efeito prejudicial das *smart labels*, representada na figura 5.6 pela ação **A3**, em que são realizadas medições e aplicadas normas e por conseguinte a implementação de tecnologia, apoiada pelas normas já existentes em Portugal que contribuem para a imunidade dos equipamentos médicos.

Para finalizar a análise do sistema atual aplicou-se a ferramenta designada Matriz da Idealidade que é muito idêntica à Matriz das Contradições, mas neste caso os parâmetros idealizados são conforme a necessidade associada. Durante várias sessões de *brainstorming* com pessoas especializadas em Metrologia Legal e tendo em conta a ótica de profissionais de laboratórios de Metrologia, tendo em conta a monitorização das intervenções metrológicas, através da utilização de tecnologia RFID fossem possíveis os seguintes objetivos traçados:

- Tempo de execução da intervenção em que é necessário a sua minimização, trazendo mais-valias para os laboratórios de Metrologia, em que poderão realizar um maior número de intervenções, contribuindo para um aumento da sua produtividade e para os CCM que possam necessitar do equipamento apto.
- Torne-se uma atividade mais simplificada, para ser possível uma maior aplicação na maioria dos CCM.
- Tempo da consulta de informação referente ao equipamento seja minimizado, porque muitas vezes existe dificuldade em encontrar a sua informação, por isso objetivo é um menor desperdício de tempo para os profissionais dos laboratórios bem como é possível aos centros médicos terem a sua localização.
- Atividade de fácil controlo em que a mesma não dependa da intervenção humana.
- Redução de custos tanto para os laboratórios bem como para os centros médicos, com a diminuição de utilização de papel, caneta e impressão de documentos que comprovam

a calibração e para os centros médicos um maior controlo dos equipamentos existentes em bom estado de utilização.

Tendo em conta os objetivos traçados para a idealidade das intervenções metrológicas de carácter voluntário, prossegue-se com a construção da Matriz da Idealidade, tendo em conta a definição de parâmetros, que se encontra definida na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Matriz da Idealidade das Intervenções Metrológicas

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8
1.Tempo de execução da intervenção		+	+				-	+
2.Simplicidade da intervenção	+		+				-	
3.Tempo de consulta de informação	+							
4.Controlo das intervenções	+	+			+	+	-	
5.Frequência de intervenções	+			+				-
6.Exatidão nos resultados medidos				+	+			
7.Custos de Aquisição				-	-	-		
8.Custos a médio/longo prazo					-	-		

Interações benéficas (+), Interações negativas (-)

As seguintes justificações consistem nas fundamentações para as atribuições dos sinais positivos e negativos a cada parâmetro, sendo a análise realizada por cada linha da tabela 4.8.

1.Tempo de Execução da Intervenção

A diminuição do tempo de execução da intervenção resulta na diminuição do tempo de consulta de informação, menor complexidade associada à tarefa mas também aos procedimentos necessários antes e depois da mesma. Com isto existirá um aumento de custos iniciais mas a longo prazo poderá existir diminuição de custos quer para os laboratórios de Metrologia quer para os CCM.

2.Simplicidade da Intervenção

No aumento da simplicidade da intervenção tendo em conta todos os procedimentos que antecedem e procedem a intervenção metrológica, existe uma diminuição no tempo de

execução, diminuindo por sua vez o tempo de consulta de informação visto ser um processo informatizado. Contudo existirá um investimento inicial necessário para informatizar o processo e torna-lo o mais automatizável possível.

3.Tempo na Consulta de Informação

Na diminuição deste parâmetro é natural que o tempo de execução da intervenção diminua, mas não se verifica outro tipo de alteração em outros parâmetros pelo menos que esteja diretamente relacionado, em que a médio/longo prazo existirá possível diminuição de custos.

4.Controlo sobre as Intervenções

Com o aumento deste parâmetro existe por sua vez a diminuição da complexidade não só da intervenção, mas de todo o processo envolvente da monitorização. Com a existência de um maior controlo sobre intervenções metrológicas existe uma maior adesão para a realização das mesmas, existindo uma diminuição de custos a longo prazo.

5.Frequência de Intervenções

Com o aumento da frequência das intervenções, poderá existir aumento de custos iniciais, pois anteriormente era escasso o número de intervenções. Contudo existe um aumento na exatidão de resultados medidos pelos equipamentos médicos e um aumento no controlo sobre as intervenções.

6.Exatidão nos Resultados Medidos

Com aumento da exatidão nos resultados medidos existe maior exatidão no fabrico de novos equipamentos, que advêm de um aumento no controlo de intervenções, da frequência das mesmas.

7.Custos de Aquisição

Visto ser necessário um investimento inicial por parte das entidades envolvidas, neste caso laboratórios de Metrologia e CCM, no material necessário para a utilização da tecnologia RFID. Posto isto é possível existir efeito negativo, ou seja, a não realização de intervenções metrológicas e a diminuição da exatidão nos resultados medidos pelos instrumentos, põe em causa a veracidade dos resultados de medições.

8.Custos a médio/longo prazo

A médio/longo prazo poderão existir custos com o material RFID, custos estes com a manutenção. Sendo este o parâmetro mais difícil de quantificar. Sendo que a melhoria de resultados não se consegue quantificar economicamente.

Após uma análise pormenorizada dos parâmetros idealizados, resta apenas calcular o nível de idealidade da nova medida referente à monitorização das intervenções metrológicas, através da tecnologia RFID, utilizando a seguinte equação:

$$\text{Nível da Idealidade} = \frac{\text{nº de funções úteis}}{\text{nº de funções prejudiciais}} = \frac{14}{9} = 1,56$$

Verifica-se então que o nível de idealidade é superior a 1, visto que existe maior número de funções uteis do que prejudiciais, ou seja as melhorias apresentadas representam funções de grande utilidade para o problema enunciado.

Assim sendo, a utilização de tecnologia RFID para a monitorização de intervenções metrológicas em equipamentos médicos com função de medição, é a solução ideal tendo em conta a Matriz da Idealidade construída.

6 Análise e Discussão de Resultados

Neste capítulo são discutidas individualmente cada medida proposta como melhoria a implementar.

Foram sugeridas medidas de sensibilização para incentivar os CCM a realizarem de forma metódica e periódica a calibração aos instrumentos de medição, visto não existir controlo metrológico. As medidas de sensibilização podem ser realizadas por entidades competentes, por profissionais da área da Metrologia, através de ações de formação nos CCM para os profissionais de saúde, criação de panfletos para dar a conhecer à população em geral a sensibilidade desta problemática. Tendo como objetivo a médio/longo prazo, proceder-se à criação de regulamentação a nível nacional para o Controlo Metrológico na saúde.

Outra proposta de melhoria é a criação de um Guia de Boas Práticas CCM para auxiliar no planeamento das intervenções metrológicas, definindo qual a periodicidade dos mesmos, tendo em conta cada tipo de equipamento. Esta regulamentação será criada pela Gestão de Topo dos CCM em que serão estabelecidos procedimentos internos para a realização da intervenção metrológica. Este documento deverá ser redigido com o auxílio de profissionais de Metrologia. Existe já esta regulamentação para as áreas em que elaboram os equipamentos de radiações ionizantes e os instrumentos de pesagem não automática.

Esta medida será uma mais-valia para os CCM prestarem um melhor serviço, existindo maior rigor nos resultados de medição, melhor gestão e controlo de intervenções e não ser realizada a intervenção de uma forma pouco metódica, não trazendo resultados a longo prazo. Relativamente aos custos associados serão de menor importância, existirá acréscimo por se realizar um maior número de intervenções metrológicas.

Um dos principais objetivos desta dissertação era propor uma solução inovadora para solucionar o problema da rastreabilidade metrológica e desempenho dos instrumentos de medição na saúde. Uma das formas foi propor a utilização de tecnologia RFID para a monitorização de intervenções metrológicas, existindo maior agilidade, segurança, menor dependência do ser humano e um maior controlo de equipamentos. É de notar que a monitorização das intervenções é suportada pela utilização de tecnologia RFID, em que esta serve para identificação do equipamento, funcionamento em rede para agilizar a cooperação entre as duas entidades e a regulamentação do CCM em questão.

Neste processo e pela quantidade de equipamentos existentes para acompanhar a sua rastreabilidade metrológica a melhor opção seria optar por etiquetas passivas visto serem menores e de custos reduzidos, sendo necessária uma escolha acertada do *software* de controlo.

Verifica-se que o procedimento para a intervenção metrológica deve-se realizar de acordo com o seguinte fluxograma, como ilustra a figura 6.1.

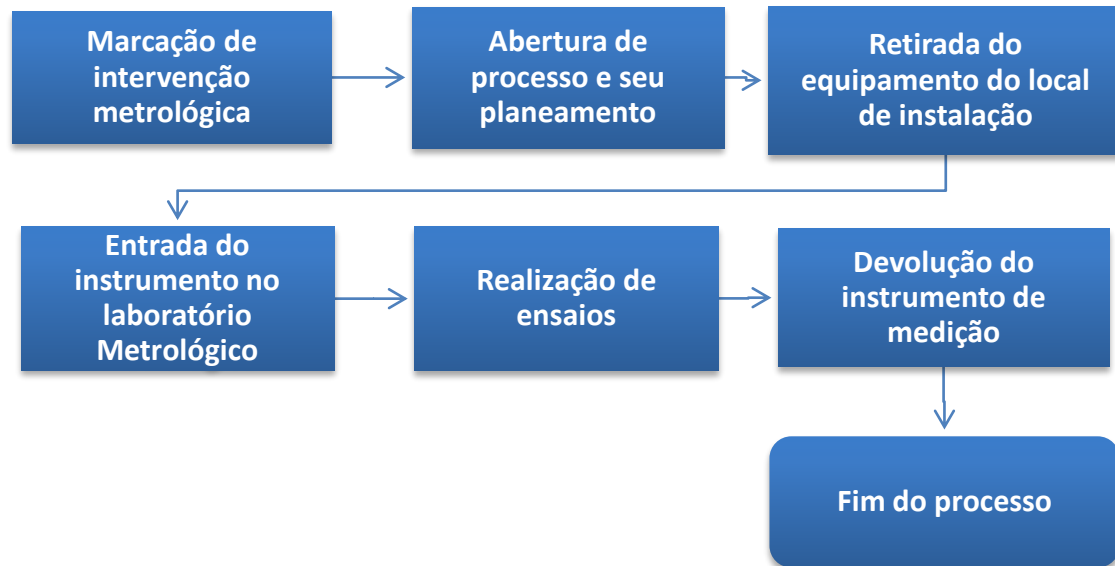


Figura 6.1 - Fluxograma do Procedimento de Intervenção Metrológica

Não estando presente neste fluxograma, inicialmente antes da primeira utilização do equipamento é necessário levá-lo ao Laboratório da Metrologia, para a realização de ensaios e se tiver apto colocar a etiqueta RFID no equipamento.

Tendo em conta agora o procedimento enquanto a plena utilização do equipamento nos CCM: existe a marcação para a realização da intervenção por iniciativa dos CCM (poderia estar associado algum tipo de mensagem para alertar a proximidade da data); em seguida é iniciado o processo de agendamento para quando será marcada a intervenção metrológica do equipamento para os CCM fazerem a gestão dos seus equipamentos disponíveis e para os laboratórios terem o seu tempo de trabalho definido, para uma maior produtividade dos mesmos com vista à minimização de custos. Tendo em conta que deveria existir alguma margem de dias para a elaboração da intervenção, por alguma indisponibilidade do material, dos CCM ou dos laboratórios.

Na figura 6.2 é ilustrado o funcionamento em rede, entre o laboratório Metrológico e o local de funcionamento do instrumento, tendo em conta o instrumento de medição identificado com uma etiqueta RFID.

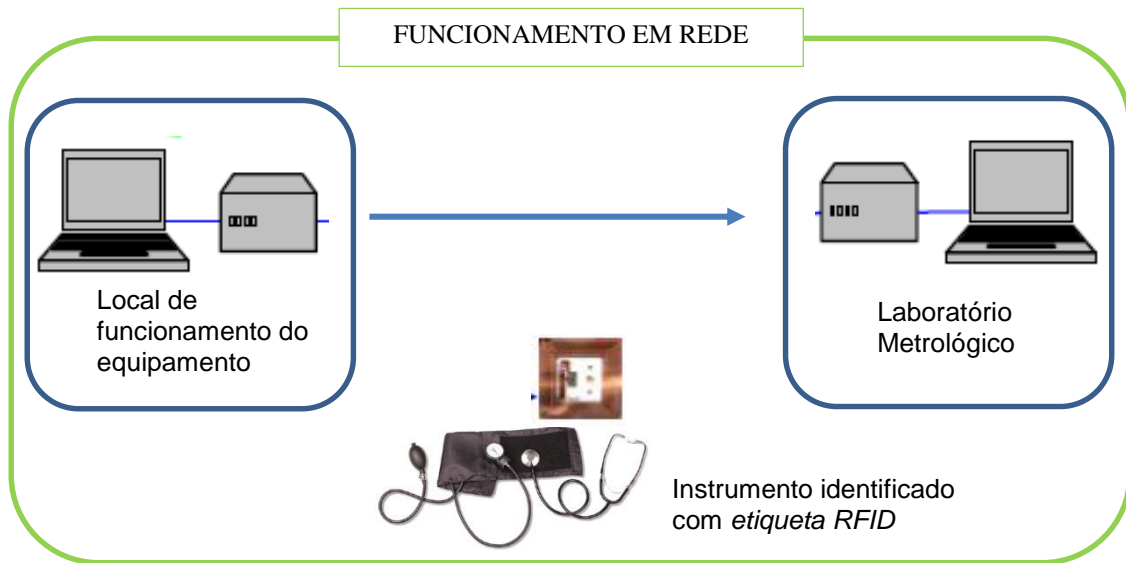


Figura 6.2 - Esquema de Funcionamento em Rede (adaptado de Bacelar, 2012)

Como se pode verificar pela figura procede-se a entrada do instrumento nos laboratórios e por existirem etiquetas RFID associadas ao mesmo é detetado o equipamento e é acedida a informação referente ao mesmo. É necessário referir que as etiquetas servem apenas para identificação do equipamento, mas como as duas entidades estão a funcionar em rede referente a este processo, pode existir diversa informação associada, como por exemplo:

- Data para a futura intervenção metrológica;
- Histórico de intervenções realizadas (valores exatos e incertezas);
- Localização do instrumento quer no laboratório quer o local da sua utilização;
- Entidade que realizou a intervenção metrológica;
- Informação sobre o fabricante do instrumento e do responsável pela sua manutenção;
- Data em que o instrumento iniciou atividade e da sua receção;
- Marca, modelo e número de serie ou referência de equipamento.
- Histórico de avarias

Quando o equipamento entra no Laboratório, é realizada a leitura da etiqueta RFID através de um leitor, para identificar o equipamento e verificar toda a informação referente ao mesmo e se corresponde ao equipamento em que é necessária a intervenção.

São realizados estudos no histórico do equipamento, realizados ensaios e verifica-se se o equipamento médico com função de medição está apto para continuar a sua utilização.

Após a introdução da informação em rede, introduzindo o resultado de ensaio e a data para próxima intervenção é devolvido o instrumento e o processo é finalizado.

É necessário lembrar que a impressão e a colocação das etiquetas deverá ficar a cargo dos laboratórios, porque são as entidades responsáveis pela realização de intervenções metrológicas, devendo os centros de hospitais médicos ter custos referente às calibrações (como já acontece) e o pagamento do género de um seguro referente às etiquetas para ajudar na manutenção da tecnologia RFID. Poderá ser analisado se existirá viabilidade das duas entidades estarem interligadas por rede.

A tecnologia RFID tem vantagens associadas à sua utilização bem como o funcionamento em rede da informação entre laboratório metrológico e o próprio local de funcionamento envolvendo a área da Metrologia e da Saúde, tais como:

- A identificação e localização rápida do instrumento quer no laboratório quer no seu local de utilização;
- Rapidez na consulta de informação referente ao equipamento;
- Sintetização de diversa informação;
- Redução de custos em papel para impressão de resultados de intervenções;
- Aumento da produtividade dos laboratórios metrológicos, pois realizam a mesma tarefa em menor tempo e de forma mais ágil e com melhor qualidade;
- Vantagem indireta é a melhoria nos resultados medidos pelos instrumentos de medição;
- A ligação em rede possibilita uma maior proximidade entre as duas entidades;
- Otimização de equipamentos em funcionamento nos CCM;
- Sendo uma etiqueta reaproveitada ao contrário por exemplo da etiqueta em forma de código de barras.

Contudo existem desvantagens ou aspetos negativos relacionados com a possível utilização de tecnologia RFID, como por exemplo:

- A segurança poderá ser quebrada, mas existem diversas soluções para a proteção na comunicação em rede, visto ser realizada através de ligações à internet;
- Falsificação de etiquetas;
- Custos iniciais um pouco elevados mas poderá existir retorno;
- Interferência eletromagnética nos instrumentos de medição (questão abordada de seguida).

Como já referido anteriormente existe possíveis interferências das ondas eletromagnéticas da tecnologia RFID no normal funcionamento dos equipamentos de medição, sendo isto uma das barreiras existentes para a implementação de tecnologias baseadas em sistemas *wireless*.

Referente a esta problemática não existem grandes estudos e as opiniões divergem-se. Relativamente a um estudo realizado em 2008 que efetuaram 3 testes que dizem respeito a três planos (frontal, sagital e transversal) por cada 41 equipamentos médicos, totalizando 123 testes. Existiram 34 acidentes que advêm de interferências eletromagnéticas, sendo 10 ligeiros, 2 significativos e 22 perigosos (Pedro, 2012).

Em 2010 é apresentado um protocolo para testar e verificar efeitos das interferências entre leitores RFID e bombas de infusão. Os autores defendem que é necessário caracterizar a distribuição do campo eletromagnético que advém do leitor, com o objetivo de melhor perceber as variações de suscetibilidade entre equipamentos similares. Neste caso não foram detetadas interferências visto só ter em conta dois planos o vertical e horizontal e por as bombas de infusão serem de tamanho reduzido e a sua tensão induzida era diminuta (Pedro, 2012).

Por último num estudo mais recente em 2011, foram testados 32 equipamentos médicos variados com um sistema RFID de baixa frequência, foram tidos em conta os 3 planos, contudo a diferença neste é adicionar antenas externas, mais precisamente as do leitor. E neste caso resultaram 14 incidentes dos quais 7 foram ligeiros, 5 significativos e 2 perigosos, em 8 aparelhos diferentes. Concluindo então que a distância entre a antena e os equipamentos, bem como a orientação da mesma não tiveram qualquer influência do campo eletromagnético nas interferências eletromagnéticas (Pedro, 2012).

Assim verifica-se nos mais variados estudos publicados que o parâmetro que mais influencia as interferências eletromagnéticas, entre sistemas RFID e equipamentos médicos é a distância entre sistemas e a tensão de saída do leitor de identificação que é realizado por radiofrequência. Tendo em conta que a tensão de saída depende da frequência do funcionamento do sistema. Existe na Europa o protocolo EN 60601 que especificam as normas técnicas para a segurança e para a compatibilidade eletromagnética, fornecendo formulas para calcular a distância mínima que deve existir entre o equipamento e um sistema RFID, contribuindo para a imunidade do equipamento (Pedro, 2012).

Para resolver esta problemática das interferências é necessário encontrar soluções para que de uma forma segura e eficiente sejam implementados sistemas RFID. Para tal, foi criada uma área designada por compatibilidade eletromagnética-*electromagnetic compatibility*– EMC, que representa toda a tecnologia que reduza as interferências e contribua para a imunidade de equipamentos.

Em Portugal existem empresas especializadas, destacando-se a Intertek e a MET que testam e certificam a conformidade em relação às EMI (*electromagnetic Interferences*)/EMC, incluindo o ambiente em que estão inseridos. Tendo em conta a Europa, a certificação tem de estar de acordo com a diretiva 2004/108/EC e os testes podem ser efetuados segundo o protocolo ETSI EN 301 489-1 V1.4.1 (2002-08) (Pedro, 2012).

Tendo em conta uma solução mais prática existem atenuadores de RF, ferrites e supressoras de EMI e indutores que têm como função atenuar conduzir ou proteger os equipamentos de EMI, como mostra na figura 6.3.

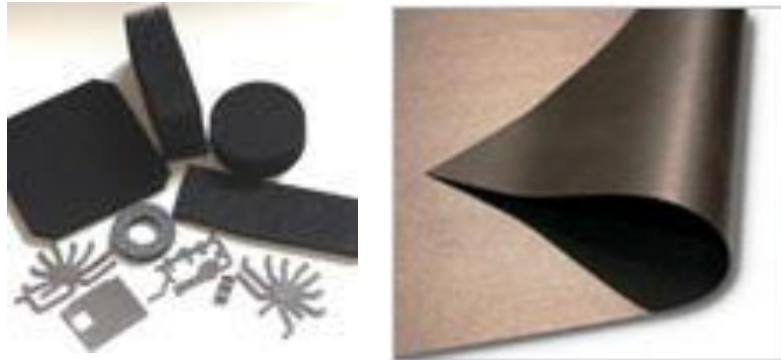


Figura 6.3 - Atenuadores de RF

Em suma verifica-se que existem soluções, quer de carácter prático quer legislativo para a problemática das EMI e EMC, porém as normas empregues variam de fabricante para fabricante. Assim é extremamente importante a uniformização de normas para uma utilização segura e universal, especialmente em ambiente hospitalar. Contudo é necessário continuar a desenvolver avanços tecnológicos para ser possível a utilização desta tecnologia sem o receio de efeitos adversos.

Os custos referentes a esta medida são de difícil quantificação, contudo é possível referir que é necessário um investimento inicial com o material e os equipamentos utilizados. A médio/longo prazo existirão custos de manutenção, principalmente com a tecnologia RFID. O reverter destes custos é através da melhoria de resultados de medição, atribuindo qualidade aos instrumentos de medição, à saúde e à qualidade de vida dos cidadãos, sendo de difícil quantificação económica.

7 Conclusões

Na atualidade verifica-se uma crescente preocupação com os problemas relacionados com a Metrologia na área da saúde, existindo diversos estudos e formas de sensibilização nos países mais desenvolvidos que contribuem para a rastreabilidade metrológica. Cada vez mais os países são sensibilizados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para a criação de legislação própria e mecanismos para monitorizar o desempenho metrológico dos instrumentos de medição.

Com a presente dissertação verifica-se que com o auxílio das ferramentas da metodologia TRIZ, encontram-se soluções para problemáticas promovendo a criatividade e a inovação. Através da aplicação das mesmas foi possível detetar soluções para a monitorização de intervenções metrológicas.

É também perceptível verificar o quão vasta é a área da Metrologia e o quanto influencia a vida dos cidadãos, num simples diagnóstico de uma doença cardíaca, em que o mesmo pode estar baseado em resultados adulterados pela simples razão da falta de regulamentação para o controlo metrológico de instrumentos de medição na área da saúde.

Na aplicação das ferramentas da Metodologia TRIZ, na Matriz das Contradições em que é necessário ter em conta os princípios inventivos existiram algumas dificuldades, em que a problemática é uma atividade e os princípios são pouco adequados. Contudo analisando a Matriz das Contradições identificou-se os conflitos existentes entre os parâmetros a serem melhorados/implementados e os prejudiciais, propondo soluções para a resolução dos mesmos. Com a Análise Substancia-Campo, foi possível uma análise mais aprofundada e foram propostas soluções. Finalmente com a Matriz Idealidade identificaram-se ideais para as intervenções metrológicas e verificou-se a relação benéfica que resultaria.

Esta metodologia foi extremamente importante para a proposta da solução inovadora da utilização de *smart labels* em monitorizar as intervenções metrológicas. Uma outra solução apresentada foi a criação de regulamentação, visto ter que ser a nível nacional, torna-se um processo demorado e que necessita de bastante burocracia e custos, assim foi sugerido o Guia de Boas práticas dos CCM. Sendo que a melhor solução seria uma solução conjunta, utilizando as *smart labels* com a *Tecnologia RFID* com a criação de Guia de Boas Práticas criado pelas próprias organizações, neste caso os CCM com a supervisão de profissionais de Metrologia.

Com análise da utilização da tecnologia RFID verificou-se que o maior problema é as interferências eletromagnéticas que podem causar um mau funcionamento dos equipamentos médicos, principalmente aos de suporte de vida. Sendo assim inicialmente seria adotada a medida num grupo restrito de equipamentos médicos com função de medição, como por exemplo os de pressão e depois iria estender-se a outro tipo de equipamentos, tendo em conta cada tipo de equipamento e a sua forma de funcionamento. Podendo associar outro tipo de etiquetas com a tecnologia RFID e funcionar de forma correta e eficiente.

Conclui-se que a implementação da Tecnologia RFID é possível para a monitorização de intervenções metrológicas e para a gestão hospitalar, sendo necessária a avaliação da sua utilização em algum tipo de equipamentos, como os de Raio X, Ressonância Magnética, Equipamentos de suporte de vida. Com um maior controlo das intervenções é possível o conhecimento de erros associados aos resultados de medição e por isso uma melhor qualidade na saúde e na vida dos cidadãos.

Relativamente a esta dissertação existiu dificuldade na quantificação de custos, contudo verifica-se que existirão custos adicionais mais propriamente no investimento inicial para a utilização desta tecnologia. E por outro lado é extremamente difícil quantificar economicamente os benefícios associados melhores resultados associados às medições e consequentemente melhor qualidade de vida para os cidadãos.

Como trabalhos futuros, poderá existir a utilização da tecnologia RFID nos Sistemas de Gestão de Qualidade já existentes na Saúde e a avaliação quantitativa da relação custo/ benefício da implementação da tecnologia proposta. Referente à aplicação a outras atividades hospitalares, tem-se a gestão de doentes, medicamentos, recém-nascidos, entre outros e poderá existir a integração da tecnologia RFID na gestão de equipamentos, contribuindo para a manutenção preventiva e gestão recursos, em outras atividades além da Saúde.

Referências Bibliográficas

- Altshuller, G. S. (1999). *Tools of Classical TRIZ*. Ideation International Incorporated.
- Altshuller, G. S. (2002). *40 Principles - TRIZ Keys to Technical Innovation*. Technical Innovation Center.
- Bacelar, F. O. (2008). *Utilização de Dispositivos RFID no Controle de Equipamentos e Automação de Processo de Calibração*, CIMMEC - 1º Congresso Internacional de Metrologia Mecânica, Rio de Janeiro, Brasil.
- Carvalho, M. A. (2007). *Metodologia Ideatríz para a Ideação de Novos Produtos*. Dissertação de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Castro, H. F. (2015). *Aplicação da Metrologia TRIZ em Embalagem para Logística*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- CS - Comissão Setorial de Saúde (2015). *Metrologia na Saúde - Guia de Boas Práticas*, IPQ, Caparica
- Descalzo, D. (2011). *Análise da viabilidade, Vantagens e Desvantagens da Tecnologia RFID*. Trabalho de fim de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
- Fernandes, J. N. (2013). *Aplicação da Metodologia TRIZ em Empresas Industriais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Ferreira, M. d. C. (2013). A Importancia da Metrologia na Saúde. *Gazeta da Física*, Vol.36, Nº1, p. 6-9.
- INMETRO (2015). *Acerca da Metrologia Legal*. INMETRO- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Brasil, <http://www.inmetro.gov.br/metlegal/>. Acedido em 28 de Agosto de 2015.
- IPQ, INMETRO (2012). *VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados*. IPQ e INMETRO.
- IPQ (2015). *Sistema Português da Qualidade (SPQ) e Instituto Português da Qualidade (IPQ)*, <https://ipq.pt>. Acedido em 12 de Maio de 2015.
- InnoSkills.(2009). *InnoSkills-Competências de Inovação para PMEs*, InnoSkills http://www.innosupport.net/uploads/media/4.9._TRIZ_01.pdf Acedido em 8 de Junho de 2015.
- Marques, J. F. (2014). *Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma em Atividades de Manutenção Industrial*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Menezes, C. I., Silva M. A. S., Salles M.T. (2003). Atuação da Metrologia Legal na Área da Saúde. ENQUALAB - *Encontro para a Qualidade de Laboratórios*, São Paulo, Brasil, 1-3 Julho de 2003.
- Monteiro, E. C., Lessa M. L. (2005). *A Metrologia na Área da Saúde: Garantia da Segurança e da Qualidade dos Equipamentos Eletromédicos*. ENGEVISTA, V.7, Nº2, p.51-60, Dezembro 2005.

Navas, H. (2013a). TRIZ - Uma Metodologia para a resolução de problemas. Em *Guia de Empresas Certificadas*, Cempalavras - Comunicação Empresarial, Lda, p. 28-32.

Navas, H. (2013b). TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation. *Advances in Industrial Design Engineering*. InTech, DOI: 10.5772/55979, Chapter 4, p.75-97.

Navas, H. (2014). Radical and Systematic Eco-Innovation with TRIZ Methodology. *Eco-Innovation and the Development of Business Models*, Greening of Industry a Networks Studies, Springer International Publishing Switzerland, DOI :10.1007/978-3-319-05077-5_5, Chapter 5, p. 81-95.

Navas, H. (2015). Teoria da Resolução Inventiva de Problemas, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Pedro, I. S. (2012). *Estudo do Potencial de Aplicabilidade da Tecnologia RFID em Meio Hospitalar*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Pombo, I. M. (2015). *Metodologias TRIZ e Lean numa Industria de Unidades de Tratamento de Ar e Ventilação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Rantanen, K., Domb E. (2008). *Simplified TRIZ - New Problem Solving Applications for Engineers and Manufacturing Professionals*. Auerbach Publications - Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, USA.

Savransky, S. D. (2000). *Engineering of Creativity - Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*. CRC Press, New York, USA.

Sousa, C. (2008). *Categorias da Metrologia*, Cadernos Técnicos. CATIM - Centro de Apoio Tecnológico à Industria Metalomecânica, Porto.

Sousa, C. (2010). *Metrologia: Notas Históricas*, Cadernos Técnicos, CATIM - Centro de Apoio Tecnológico à Industria Metalomecânica, Porto.

Wamba S.F, Anand A., Carter L. (2013). *A Literature Review of RFID-Enabled Healthcare Applications and Issues*. International Journal of Information Management, V.33, I 5, October 2013, p. 875-891. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2013.07.005, Elsevier

Yazici, H. J. (2014). *An Exploratory Analysis of Hospital Perspectives on Real Time Information Requirements and Perceived Benefits of RFID Technology*. International Journal of Information Management, V34, June 2014, p.603-621, DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2014.04.010. Elsevier, USA.

.

Anexos

Anexo A – Definição das 5 Classes e das 76 Soluções-Padrão da Análise Substância-Campo

Classe 1. Construção e destruição de modelos Substância-Campo	
1.1 Construção de modelos Substância-Campo	
1.1.1 Construção de um modelo SC	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido através do preenchimento do modelo SC para introduzir os elementos em falta.
1.1.2 Modelo Interno SC complexo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo interno complexo SC, ou seja, introduzindo aditivos em S1 ou S2 para aumentar a controlabilidade, ou conferir propriedades pretendidas para o modelo de SC.
1.1.3 Modelo Complexo externo SC	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos em substâncias existentes S1 e S2, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo externo SC complexo, anexando S1 ou S2 à substância S3, com a finalidade de aumentar a controlabilidade ou transmitir propriedades requeridas para o modelo de SC.
1.1.4 Modelo SC externo com o meio ambiente	Se um determinado modelo SC não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos, tanto nele como anexando substâncias a ele, o problema pode ser resolvido com a construção de um modelo Substância-Campo, utilizando o ambiente como um aditivo.
1.1.5 Modelo SC com o ambiente e aditivos	Se o ambiente não contém as substâncias necessárias para criar um modelo de SC de acordo com a solução padrão I.I.4, estas substâncias podem-se obter mediante a substituição do meio ambiente, a sua decomposição, ou a introdução de aditivos nele.
1.1.6 Modo mínimo	Se o modo mínimo (isto é, medido, ótimo) de ação é necessário e é difícil ou impossível de fornecê-lo, aplica-se o modo máximo, e em seguida, é recomendado eliminar o excedente. O campo excedente pode ser eliminado por uma substância e a substância excedente pode ser eliminada por um campo.
1.1.7 Modo máximo	Se o modo máximo de uma ação de uma substância é necessário e é proibido por várias razões, a ação máxima deve ser mantida, mas dirigida sobre uma outra substância ligada ao primeiro.

1.1.8 Modo seletivo máximo	<p>Se um modo seletivo máximo é necessário (isto é, o modo máxima em zonas selecionadas e modo mínimo em outras zonas), o campo deve ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Máximo: neste caso, uma substância protetora deve ser introduzido em todos os lugares onde a influência mínima é necessária. - Mínimo: neste caso, uma substância capaz de gerar um campo loca
1.2 Destruição de modelos Substância-Campo	
1.2.1 Eliminando a interação prejudicial ao introduzir S3	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, não é necessário que estas substâncias sejam estreitamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma terceira substância entre estas duas substâncias, que não tem custo (ou aproximadamente).
1.2.2 Eliminando a interação prejudicial através da introdução de S1modificado e/ou S2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, estas substâncias não têm de ser imediatamente adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições sobre a introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido introduzindo, entre estas duas substâncias, uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes.
1.2.3 "Retirar" uma ação prejudicial	Se for necessário para eliminar a ação prejudicial de um campo de uma substância, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma segunda substância que "retira" a ação prejudicial.
1.2.4 Neutralizar uma ação prejudicial com F2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo e estas substâncias, ao contrário das soluções padrão 1.2.1 e 1.2.2, devem ser imediatamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido através da criação de um modelo duplo de Substância-Campo, em que a ação útil é executada pelo campo F1 e o segundo campo F2, neutraliza a ação prejudicial ou transforma a ação prejudicial numa ação útil.

Classe 2. Desenvolvimento de modelos Substância-Campo	
2.1 Transição para modelos Substância-Campo complexos	
2.1.1 Modelo de cadeia de Substância-Campo	Se é necessário para melhorar um modelo de Substância-Campo, o problema pode ser resolvido mediante a transformação de um elemento do modelo em uma forma independente-controlada do modelo Substância-Campo completo e criar um modelo de cadeia. S3 ou S4, por sua vez podem ser transformados em um modelo de Substância- Campo completo
2.1.2 Modelo Substância-Campo duplo	Se é necessário para melhorar um modelo Substância-Campo de difícil controlo e a substituição de elementos é proibida, o problema pode ser resolvido através da construção de um modelo duplo através da aplicação de um segundo campo facilmente controlado.
2.2 Impondo modelos Substância-Campo	

2.2.1 Aplicação de campos mais controláveis	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de um campo incontrolável ou de difícil controle por um que é facilmente controlado.
2.2.2 Fragmentação de S2	Um modelo de Substância-Campo pode ser melhorada através do aumento do grau de fragmentação da substância utilizada como uma ferramenta.
2.2.3 Aplicação de substâncias capilares e porosas	Um caso especial de fragmentação da substância é a transição de uma substância sólida para uma capilar ou porosa. Esta transição prossegue de acordo com a seguinte linha: - Substância sólida - Substância sólida com uma cavidade - Substância sólida com várias cavidades - Substância capilar ou porosa - Substância capilar ou porosa com poros de estrutura e dimensões especiais À medida que a substância desenvolve de acordo com esta linha, a possibilidade de colocar um líquido nas cavidades ou poros cresce, bem como a aplicação de alguns dos fenômenos naturais.
2.2.4 Dinamização	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado para aumentar o seu nível de dinamismo, isto é, fazendo a estrutura do sistema mais flexível e fácil de mudar.
2.2.5 Campos estruturantes	Um modelo Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de áreas homogêneas ou campos não estruturados tanto por campos heterogêneos como por campos de estrutura espacial permanente ou variável. Em particular, se é necessário para conferir uma estrutura especial espacial a uma substância, que é (ou pode ser) incorporada no modelo Substância-Campo, o processo de estruturação deve ser realizada em um campo tendo uma estrutura que corresponde à estrutura necessária da substância.
2.2.6 Substâncias estruturantes	Um modelo Substância-Campo pode ser melhorado, substituindo substâncias homogêneas ou não estruturadas tanto por substâncias heterogêneas como por substâncias com estrutura espacial permanente ou variável. Em particular, se for necessário para obter aquecimento intensivo em locais definidos, pontos ou linhas do sistema, recomenda-se que uma substância exotérmica seja introduzida antes do tempo.
2.3 Aplicação por ritmos correspondentes	
2.3.1 Correspondendo os ritmos do F e S1 ou S2	A ação de um campo em um modelo Substância-Campo deve ser correspondido (ou intencionalmente mal correspondido) entre a frequência e a frequência natural do produto ou ferramenta.
2.3.2 Correspondendo os ritmos de F1 e F2	As frequências de campos aplicados em modelos Substância-Campo complexos devem ser compatíveis ou intencionalmente incompatíveis.
2.3.3 Correspondendo ações incompatíveis ou previamente independentes	Se duas ações são incompatíveis, uma delas deve ser realizada durante as pausas da outra. Em geral, as pausas numa ação devem ser preenchidas por outra ação útil.
2.4 Modelos de campo ferromagnético (modelos Substância-Campo complexos forçados)	
2.4.1 Modelos pré-ferro-campo	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado pela utilização de substâncias ferromagnéticas, juntamente com um campo magnético.

2.4.2 Modelos ferro-campo	Para melhorar a controlabilidade do sistema, é sugerido que um modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo seja substituído por um modelo de ferro-campo. Para fazer isto, as partículas ferromagnéticas devem ser substituídas por (ou adicionados a) uma substância, e um campo magnético ou eletromagnético aplicado. Fichas, grânulos, grãos, etc., podem também ser considerados como partículas ferromagnéticas. A eficiência de controlo aumenta com a maior fragmentação das partículas ferromagnéticas. Assim, modelos ferro-campo evoluem de acordo com a seguinte linha: granulado – pó – partículas ferromagnéticas finamente moídas. A eficiência de controlo também aumenta ao longo da linha em relação a essa na qual a substância da partícula de ferro está incluído: substância sólida - grânulos - pó - líquido.
2.4.3 Líquidos magnéticos	Modelos ferro-campo podem ser melhorados através da utilização de líquidos magnéticos. Um líquido magnético é uma solução coloidal de partículas ferromagnéticas em um líquido, tal como o querosene, o silicone, a água, etc. A solução padrão 2.4.3 pode ser considerada o último caso da evolução de acordo com a solução padrão 2.4.2.
2.4.4 Aplicando estruturas capilares em modelos ferro-campo	Modelos ferro-campo podem ser melhorados utilizando as estruturas capilares ou porosas inerentes em muitos destes modelos.
2.4.5 Modelos de ferro-campo complexos	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibida a substituição de uma substância por partículas ferromagnéticas, a transferência pode ser realizada através da criação de um modelo interno ou externo de um ferro-campo complexo através da introdução de aditivos numa das substâncias.
2.4.6 Modelos ferro-campo com o meio ambiente	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibido substituir uma substância com partículas ferromagnéticas ou introduzir aditivos, as partículas ferromagnéticas podem ser introduzidas no meio ambiente. O controlo do sistema é realizado através da modificação dos parâmetros do meio ambiente com um campo magnético aplicado (ver solução padrão 2.4.3).
2.4.7 Aplicação de efeitos físicos e fenómenos	A controlabilidade de modelos ferro-campo pode ser melhorada através da utilização de certos efeitos físicos / fenómenos
2.4.8 Dinamização	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado, "dinamizado" – através da alteração da estrutura do sistema para uma mais flexível e modificável
2.4.9 Estruturação	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado por transição de um campo homogêneo ou não-estruturado, por um heterogêneo ou estruturado.
2.4.10 Ritmos correspondentes nos modelos ferro-campo	Um modelo pré-ferro-campo ou ferro-campo pode ser melhorado combinando os ritmos dos elementos do sistema

Classe 3. Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema	
3.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas	
3.1.1 Sistema de transição 1- a: a criação de bi-sistemas e poli-sistemas	O desempenho do sistema, em qualquer fase da evolução pode ser reforçado por transição do sistema 1-a: combinando o sistema com um outro sistema (s), construindo assim um bi-sistema ou um poli-sistema complexo.
3.1.2 Elos reforçados em bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do desenvolvimento dos elos das relações entre os seus elementos.
3.1.3 Sistema de transição 1- b: aumentar as diferenças entre elementos	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do aumento das diferenças entre os seus elementos de transição (sistema 1-b): a partir de elementos idênticos, para elementos com características alteradas, para um conjunto de elementos diferentes, para uma combinação de características invertidas - ou "elemento e anti elemento".
3.1.4 Simplificação dos Bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da simplificação do sistema, em primeiro lugar, sacrificando peças auxiliares. Completamente simplificado bi-sistemas e poli-sistemas tornam-se monossistemas de novo, e todo o ciclo pode ser repetido com um novo nível.
3.1.5 Sistema de transição 1- c: características opostas do todo e suas partes	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da separação das características incompatíveis entre o sistema como um todo e suas partes (transição de sistema 1-c). Como resultado, o sistema é utilizado em dois níveis, com todo o sistema a ter a característica F, e as suas partes ou partículas tendo a característica oposta, anti-F.
3.2 Transição para o nível micro	
3.2.1 Transição de sistema 2: transição para o nível micro	Um sistema pode ser aumentado, em qualquer estágio evolutivo através do sistema transição 2: do nível macro para o nível micro. O sistema ou a sua parte é substituído por uma substância capaz de realizar a ação desejada, sob a influência de algum campo.

Classe 4. Soluções padrão para a detecção e medição	
4.1 Métodos indiretos	
4.1.1 Substituir a detecção ou a medição com a alteração do sistema	Se tiver um problema com a detecção ou a medição, é adequado modificar o sistema de uma maneira que torna a necessidade de resolver o problema obsoleto.
4.1.2 Aplicação de cópias	Se tem um problema com a detecção ou medição, e é impossível aplicar a solução padrão 4.1.1, é adequado manipular uma cópia ou uma foto de um objeto em vez do próprio objeto.
4.1.3 Medição como duas detecções consecutivas	Se tiver um problema com a detecção ou medição e é impossível aplicar as soluções padrão 4.1.1 e 4.1.2, é adequado transformar o problema em um, onde duas detecções consecutivas de variação são efetuadas.
4.2 Construção de medição de modelos substância-campo	

4.2.1 Medição do modelo substância-campo	Se um modelo substância-campo incompleto é difícil de medir ou detetar, o problema pode ser resolvido por preenchimento de um regular ou duplo modelo substância-campo com um campo numa saída.
4.2.2 Medição do modelo complexo substância-campo	Se um sistema ou a sua parte é difícil de detetar ou medir, o problema pode ser resolvido por transição para o interior ou exterior do modelo complexo de substância-campo com a introdução de aditivos de fácil deteção.
4.2.3 Medição do modelo substância-campo com o meio ambiente	Se um sistema é difícil de detetar ou medir em certos momentos no tempo, e é impossível introduzir aditivos, devem ser introduzidos no ambiente, aditivos capazes de gerar uma fácil deteção (ou fácil medição) do campo; alterações no estado do ambiente irão fornecer informações sobre as alterações no sistema.
4.2.4 Obtenção de aditivos no ambiente	Se não for possível a introdução de aditivos no meio ambiente em conformidade com a solução padrão 4.2.3, estes aditivos podem ser produzidos no próprio ambiente, por exemplo, através da sua destruição ou alterando o seu estado de fase. No gás, em particular ou bolhas de vapor obtidas por eletrólise, ou por cavitação, ou outros métodos são frequentemente aplicados.
4.3 Reforçando a medição dos modelos substância-campo	
4.3.1 Aplicando efeitos físicos e fenómenos	A eficácia de medição e/ou deteção de um modelo substância-campo pode ser reforçada pela utilização de fenómenos físicos.
4.3.2 Aplicando oscilações de ressonância de uma amostra	Se é impossível detetar diretamente ou medir as mudanças num sistema e passar um campo através do sistema também é impossível, o problema pode ser resolvido através da geração de oscilações de ressonância de qualquer sistema como um todo ou uma parte dele; variações na frequência de oscilação fornecem informações sobre alterações do sistema.
4.3.3 Aplicando oscilações de ressonância de um objeto combinado	Se a aplicação de solução padrão 4.3.2 é impossível, a informação sobre o estado do sistema pode ser obtida através de oscilações livres de um objeto exterior ou do ambiente, ligadas ao sistema.
4.4 Transição para ferro-campo modelos	
4.4.1 Medição do modelo pré ferro-campo	Modelos substância-campo com campos não magnéticos, são capazes de se transformar em modelos pré-ferro-campo que contenham substâncias magnéticas e um campo magnético.
4.4.2 Medição modelo de ferro campo	A eficácia de uma medição e/ou deteção de um modelo substância campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, substituindo uma das substâncias com partículas ferromagnéticas ou pela adição de partículas ferromagnéticas. A informação é então obtida por meio da deteção ou medição do campo magnético.
4.4.3 Medição complexa do modelo de ferro-campo	Se a eficácia de medição e/ou de deteção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a substituição de substâncias com partículas ferromagnéticas é proibida, esta transição pode ser realizada através da criação de um modelo complexo de ferro-campo através da introdução de aditivos na substância.

4.4.4 Medição modelo ferro-campo com o meio ambiente	Se a eficácia de medição e / ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a introdução de partículas ferromagnéticas é proibida, as partículas devem ser introduzidos no ambiente.
4.4.5 Aplicação de efeitos físicos e fenômenos	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo substância-campo ou pré ferro-campo pode ser melhorada através da aplicação de fenômenos físicos.
4.5 Direção da evolução de sistemas de medição	
4.5.1 Transição para bi sistemas e poli-sistemas	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo substância-campo ou pré ferro-campo em qualquer fase da evolução pode ser melhorada através da construção de um bi-sistema ou de um polisistema.
4.5.2 Direção da evolução	Sistemas de medição e / ou detecção evoluem na seguinte direção: -medição de uma função -medição da primeira derivada da função -medição da segunda derivada da função

Classe 5. Normas para a aplicação das soluções padrão	
5.1 Introduzindo substâncias	
5.1.1 Métodos indiretos	Se as condições de trabalho não permitem a introdução de substâncias num sistema, as seguintes maneiras indiretas devem ser utilizadas: - aplicação do "vazio" (espaço aberto) em vez da substância - introdução de um campo em vez da substância - aplicação de um aditivo externo, em vez de um interno - introduzindo uma pequena quantidade de um aditivo muito ativo - introdução de uma pequena quantidade do aditivo na forma concentrada em locais específicos - introduzindo o aditivo temporariamente - aplicando um modelo ou cópia de um objeto, em vez do próprio objeto, permitindo a introdução de aditivos - obtenção de aditivos necessários através da decomposição dos produtos químicos introduzidos - obtenção de aditivos necessários através da decomposição de qualquer ambiente ou do próprio objeto, por exemplo, por transformação de fase ou eletrólise.
5.1.2 Dividir uma substância	Se um sistema não responde a alterações, e modificar a ferramenta ou introduzir aditivos é proibido, partes que interagem da peça de trabalho podem ser utilizadas em vez da ferramenta. Em particular, se o sistema contiver um fluxo de partículas finas e é necessário para melhorar a sua controlabilidade, o fluxo deve ser separada em duas partes. Se todo o fluxo tem uma carga, a carga oposta deve ser aplicada a uma parte do sistema.
5.1.3 Auto eliminação de substâncias	Após a realização do seu trabalho, uma substância introduzida deve desaparecer ou tornar-se idêntica a substâncias já existentes no sistema ou no meio ambiente.
5.1.4 Introduzindo substâncias em grandes quantidades	Se as condições não permitem a introdução de grandes quantidades de uma substância, o "vazio" como estrutura inflável ou de espuma pode ser utilizada em vez da substância.
5.2 Introdução de campos	

5.2.1 Uso múltiplo de campos disponíveis	Se for necessário introduzir um campo em um modelo substância-campo, deve-se em primeiro lugar, aplicar campos existentes cujos portadores são as substâncias envolvidas.
5.2.2 Introdução de campos a partir do ambiente	Se é necessário introduzir um campo, mas é impossível fazê-lo, de acordo com solução padrão 5.2.1, tente aplicar campos existentes no meio ambiente.
5.2.3 Utilizar substâncias	Se um campo não pode ser introduzido em conformidade com as soluções padrão 5.2.1 e 5.2.2, deve-se aplicar campos que podem ser gerados por substâncias existentes no sistema ou no ambiente.
5.3 Transições de fase	
5.3.1 Transição de fase 1: mudança de fase	A eficácia da aplicação de uma substância (sem a introdução de outras substâncias) pode ser melhorada através da transição de fase 1, isto é, por transformação de fase de uma substância existente.
5.3.2 Transição de fase 2: estado de fase dinâmico	As características duais de uma substância podem ser realizadas através da transição de fase 2, isto é, através da utilização de substâncias capazes de alterar o seu estado de fase, dependendo das condições de trabalho.
5.3.3 Transição de fase 3: utilizando fenômenos associados	Um sistema pode ser melhorado usando a transição de fase 3, isto é, mediante a aplicação de fenômenos que acompanham uma transição de fase.
5.3.4 Transição de fase 4: transição para um estado de dupla fase	As características duais de um sistema podem ser realizadas através da transição de fase 4, isto é, por substituição de um estado monofásico por um estado de fase dupla.
5.3.5 Interação de fase	A eficácia de um sistema utilizando a transição de fase 4, pode ser melhorada através da criação de interações entre as partes ou fases do sistema.
5.4 Peculiaridades da aplicação de efeitos físicos e fenômenos	
5.4.1 Transições autocontroladas	Se um objeto deve periodicamente existir em diferentes estados físicos, esta transição deve ser realizada pelo próprio objeto através da utilização de transições físicas reversíveis.
5.4.2 Amplificação do campo de saída	Se uma ação forte sob uma fraca influência é necessária, a substância transformadora deve estar no estado quase crítico. A energia é acumulada na substância e a influência funciona como um gatilho.
5.5 Soluções padrão experimentais	
5.5.1 Obtenção de partículas de substâncias através da decomposição	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução, e obtê-los diretamente é impossível, as partículas necessárias devem ser criadas pela decomposição de uma substância de nível estrutural mais elevado.
5.5.2 Obtenção de partículas de substâncias através da integração	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução e é impossível obtê-los diretamente e é impossível aplicar a solução padrão 5.5.1, as partículas necessários podem ser criadas completando ou combinando as partículas de um nível inferior estrutural.
5.5.3 A aplicação das soluções padrão 5.5.1 e 5.5.2	A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.1 é destruir o próximo nível mais alto "completo" ou "excessivo". A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.2 é completar o mais próximo do nível mais baixo "incompleto".

Anexo B – Definição dos Parâmetros Técnicos e dos Princípios de Invenção, segundo a Metodologia TRIZ

Parâmetros Técnicos

1. Peso do objeto em movimento

Massa do objeto em movimento num campo gravitacional.

2. Peso do objeto parado

Massa do objeto imóvel num campo gravitacional.

3. Comprimento do objeto em movimento

Dimensão linear do objeto.

4. Comprimento do objeto parado

Dimensão linear do objeto.

5. Área do objeto em movimento

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto em movimento.

6. Área do objeto parado

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto imóvel.

7. Volume do objeto em movimento

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

8. Volume do objeto parado

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

9. Velocidade

Distância percorrida por um objeto num determinado intervalo de tempo ou uma taxa em relação a um processo ou ação.

10. Força

Medida de interação que tenha como intenção modificar a condição de um objeto.

11. Tensão ou pressão

Força exercida por unidade de área.

12. Forma

Contorno externo de um componente ou sistema.

13. Estabilidade da composição

Integridade do sistema, e o relacionamento dos seus elementos incluindo também nesta categoria a decomposição química, o desgaste, a dissociação e o aumento de entropia.

14. Resistência

Capacidade de um objeto se opor à aplicação de uma força.

15. Duração da ação do objeto em movimento

Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.

16. Duração da ação do objeto parado

Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.

17. Temperatura

Condição térmica de um objeto ou sistema.

18. Brilho

Fluxo de luz por unidade de área, incluindo também características óticas como a cor, brilho, qualidade da luz, etc.

19. Energia gasta pelo objeto em movimento

Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.

20. Energia gasta pelo objeto parado

Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.

21. Potência

Taxa na qual a ação é executada ou taxa de uso da energia.

22. Perda de energia

Ineficiência, energia gasta que não contribui para a execução da tarefa.

23. Perda de substância

Perda de massa de componentes do sistema, total ou parcial, permanente ou temporário.

24. Perda de informação

Perda de dados ou acesso a eles, de ou para um sistema, que pode ser parcial ou total, permanente ou temporário. Nessa informação podem estar incluídos dados visuais, auditivos, táteis, olfativos ou gustativos.

25. Perda de tempo

Ineficiência do uso do tempo disponível.

26. Quantidade de substância

Número ou quantidade de materiais, substâncias, peças ou subsistemas que podem ser alterados.

27. Fiabilidade

Capacidade de um sistema ou componente cumprir as tarefas pretendidas em determinadas condições.

28. Precisão de medição

Proximidade entre o valor medido e o valor real.

29. Precisão de fabricação

Proximidade entre as características reais de um sistema ou objeto e as características especificadas ou requeridas.

30. Fatores externos indesejados atuando no objeto

Suscetibilidade de um sistema aos efeitos prejudiciais externos.

31. Fatores indesejados causados pelo objeto

Redução da eficiência ou da qualidade devido ao objeto como parte integrante da operação.

32. Manufaturabilidade

Facilidade de fabricação, manufatura, montagem e inspeção.

33. Conveniência de uso

Simplicidade do processo.

34. Manutenabilidade

Conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar falhas ou defeitos de um sistema.

35. Adaptabilidade

Capacidade de um sistema responder positivamente a alterações externas, inclusive o seu uso em múltiplas formas e sob diferentes condições.

36. Complexidade do objeto

Número e diversidade de elementos e relacionamento entre si dentro do sistema.

37. Complexidade de controle

O controle de sistemas é complexo, custoso, requer muito tempo e mão-de-obra.

38. Nível de automação

Capacidade de um sistema ou objeto executar tarefas sem a intervenção humana.

39. Produtividade

Número de funções ou operações realizadas por um sistema por unidade de tempo. Tempo por unidade de função ou operação. Saída por unidade.

Princípios de Invenção

1. Segmentação

- a) Dividir um objeto em partes independentes;
- b) Fazer um objeto em seções;
- c) Aumentar o grau de segmentação de um objeto.

2. Extração

- a) Extrair (remover ou separar) uma parte "perturbadora" ou propriedade de um objeto;
- b) Extrair apenas a parte necessária ou propriedade.

3. Qualidade local

- a) Transição de uma estrutura homogênea de um objeto ou ambiente exterior/ação para uma estrutura heterogênea;
- b) Ter diferentes partes do objeto a realizar diferentes funções;
- c) Colocar cada parte do objeto sob condições mais favoráveis para a sua operação.

4. Assimetria

- a) Substituir uma forma simétrica com uma que é assimétrica;
- b) Se um objeto já é assimétrico, aumentar o grau de assimetria.

5. Combinação

- a) Consolidar ou combinar em espaços objetos homogêneos ou objetos projetados para operação contínua;
- b) Consolidar ou combinar no tempo operações homogêneas ou contínuas;

6. Universalização

Ter o objeto a executar várias funções, eliminando assim a necessidade de qualquer outro objeto ou objetos.

7. Nidificação

- a) Conter o objeto dentro de outro que, por sua vez, é colocado dentro de um terceiro objeto;
- b) Passar um objeto através de uma cavidade de um outro objeto.

8. Contrapeso

- a) Compensar o peso do objeto, unindo-o com outro objeto que tem uma força de elevação;
- b) Compensar o peso de um objeto por interação com um ambiente proporcionando forças aerodinâmicas ou hidrodinâmicas.

9. Contra-ação prévia

- a) Realizar uma neutralização com antecedência;
- b) Se o objeto está (ou estará) sob tensão, fornecer anti tensão antecipadamente.

10. Ação prévia

- a) Realizar toda ou parte da ação requerida com antecedência;
- b) Organizar os objetos para que eles possam entrar em ação numa questão pontual e de uma posição conveniente.

11. Amortecimento prévio

Compensar a fiabilidade relativamente baixa de um objeto por contra medidas tomadas com antecedência.

12. Equipotencialidade

Alterar as condições de trabalho de modo a que um objeto não precise de ser levantado ou baixado.

13. Inversão

- a) Em vez de uma ação ditada pelas especificações do problema, implementar uma ação oposta;
- b) Fazer uma parte do objeto móvel ou do ambiente externo imóvel e da parte não móvel, móvel;
- c) Virar o objeto de cabeça para baixo.

14. Esfericidade

- a) Substituir peças lineares ou superfícies planas por curvas; substituir as formas cúbicas por formas esféricas;
- b) Usar rolos, bolas, ou espirais;
- c) Substituir um movimento linear por um movimento de rotação; utilizar uma força centrífuga.

15. Dinamismo

- a) Fazer um objeto ou seu ambiente ajustar-se automaticamente para um ótimo desempenho em cada fase da operação;
- b) Dividir um objeto em elementos que podem mudar de posição em relação de um ao outro;
- c) Se um objeto é imóvel, torná-lo móvel ou permutável.

16. Ação parcial ou excessiva

Se é difícil a obtenção de 100% de um efeito desejado, alcançar um pouco mais ou menos do que este, a fim de simplificar o problema.

17. Transição para nova dimensão

- a) Remover os problemas com a movimentação de um objeto numa linha através da incorporação de duas dimensões no movimento (ou seja, ao longo de um plano);
- b) Usar um conjunto de multicamadas de objetos em vez de uma única camada;
- c) Inclinarm o objeto ou virá-lo de lado.

18. Vibrações mecânicas

- a) Pôr um objeto em oscilação;
- b) Se existe oscilação, aumentar a sua frequência, mesmo tão longe quanto os ultra-sons;
- c) Utilizar a frequência de ressonância do objeto;
- d) Em vez de vibrações mecânicas, utilizar piezovibradores;
- e) Usar vibrações ultrassônicas, em conjunto com um campo eletromagnético.

19. Ação periódica

- a) Substituir uma ação contínua por uma (pulsada) periódica;
- b) Se uma ação já é periódica, alterar a frequência;
- c) Usar pulsos entre impulsos para fornecer ações adicionais.

20. Continuidade de uma ação útil

- a) Executar uma ação contínua (isto é, sem pausas), onde todas as partes de um objeto operam em plena capacidade;
- b) Remover movimentos ociosos e intermediários.

21. Corrida apressada

Executar operações nocivas ou perigosas a uma velocidade muito elevada.

22. Conversão do prejuízo em proveito

- a) Utilizam fatores prejudiciais ou efeitos ambientais para se obter um efeito positivo;
- b) Remover um fator prejudicial, combinando-a com um outro fator prejudicial;
- c) Aumentar a quantidade de ação prejudicial até que deixe de ser prejudicial.

23. Reação

- a) Introdução da retroação;
- b) Se a retroação já existe, invertê-la.

24. Mediação

- a) Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação;
- b) Conectar temporariamente um objeto num outro que seja fácil de remover.

25. Autosserviço

- a) Fazer o objeto servir-se a ele mesmo e a realizar operações complementares e reparação;
- b) Fazer uso de material desperdiçado e de energia.

26. Cópia

- a) Usar uma cópia simples e barata, em vez de um objeto que é complexo, caro, frágil ou inconveniente para operar;
- b) Substituir um objeto pela sua cópia ótica ou imagem. Uma escala pode ser usada para reduzir ou aumentar a imagem;
- c) Se são utilizadas cópias óticas, substituí-las por cópias infravermelhas ou ultravioletas.

27. Objeto económico com vida curta (descartável)

Substituir um objeto caro por uma coleção mais barata, renunciando propriedades (por exemplo, a longevidade).

28. Substituição de sistema mecânico

- a) Substituir um sistema mecânico por um dispositivo ótico, acústico ou sistema olfativo (odor);
- b) Utilizar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto;
- c) Substituir os campos:
 - i. Campos estacionárias por campos que se deslocam;
 - ii. Campos fixos por aqueles que mudam com o tempo;
 - iii. Campos aleatórios por campos estruturados;
- d) Usar um campo em conjunção com partículas ferromagnéticas.

29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos

Substituir peças sólidas de um objeto por gás ou líquido. Estas peças podem usar ar ou água para a insuflação, ou usar almofadas de ar ou hidrostáticas.

30. Membranas flexíveis ou películas finas

- a) Substituir construções tradicionais pelos feitos de "conchas" flexíveis ou filmes finos;
- b) Isolar um objeto do seu ambiente usando "conchas" flexíveis ou filmes finos.

31. Uso de materiais porosos

- a) Fazer um objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserções, capas, etc.);
- b) Se um objeto já é poroso, preencher os poros com antecedência com alguma substância.

32. Mudança de cor

- a) Mudar a cor de um objeto ou os seus arredores;
- b) Alterar o grau de translucidez de um objeto ou de um processo que é difícil de ver;
- c) O uso de aditivos coloridos para observar um objeto ou um processo que é difícil de ver;
- d) Se tais aditivos já são utilizados, usar vestígios luminescentes ou elementos traçadores.

33. Homogeneidade

Fazer os objetos interagir com um objeto primário do mesmo material, que é próximo dele no comportamento.

34. Rejeição e recuperação de componentes

- a) Depois de ter concluído a sua função ou de se ter tornado inútil, rejeitar ou modificar (por exemplo, descartar, dissolver, evaporar) um elemento de um objeto;
- b) Restaurar imediatamente qualquer parte de um objeto que está esgotado ou exaurido.

35. Transformação do estado físico ou químico

Mudar o estado de agregação de um objeto, distribuição da densidade, do grau de flexibilidade, ou temperatura.

36. Mudança de fase

Implementar um efeito desenvolvido durante a fase de transição de uma substância, por exemplo, a liberação ou a absorção de calor que acompanha uma mudança no volume.

37. Expansão térmica

- a) Usar um material que se expande ou se contraia com o calor;
- b) Usar vários materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica.

38. Utilização de oxidantes fortes

- a) Substituir o ar normal com ar enriquecido;
- b) Substituir o ar enriquecido com oxigênio;
- c) Tratar um objeto em ar ou em oxigênio com radiação ionizante;
- d) Usar o oxigênio ionizado.

39. Ambiente inerte

- a) Substituir o ambiente normal por um inerte;
- b) Realizar o processo em vácuo.

40. Materiais compósitos

Substituir um material homogêneo por um compósito.